การจำแนกสัดส่วนแหล่งกำเนิดของสารประกอบพอลิไซคลิกอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอน (พีเอเอช)
บนอนุภาคในบรรยากาศบริเวณโรงไฟฟ้า

นางสาวรุ่งนภา รักษาทรัพย์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม (สหสาขาวิชา)
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2551
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

SOURCE APPORTIONMENT OF PARTICLE-BOUND POLYCYCLIC AROMATIC HYDROCARBONS (pPAHs) IN THE VICINITY OF POWER PLANT

Miss Rungnapa Raksasap

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science Program in Environmental Science
(Interdisciplinary Program)
Graduate School
Chulalongkorn University
Academic Year 2008

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การจำแนกสัดส่วนแหล่งกำเนิดของสารประกอบพอลิไซคลิกอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอน (พีเอเอช) บนอนุภาคในบรรยากาศบริเวณโรงไฟฟ้า
โดย	นางสาวรุ่งนภา รักษาทรัพย์
สาขาวิชา	วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ศิริมา ปัญญาเมธีกุล
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม	อาจารย์ ดร. ทรรศนีย์ พฤกษาสิทธิ์

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(รองศาสตราจารย์ ดร.พรพจน์ เปี่ยมสมบูรณ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.... ประธานกรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ชาญวิทย์ โฆษิตานนท์)

.... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ศิริมา ปัญญาเมธีกุล)

.... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

(อาจารย์ ดร. ทรรศนีย์ พฤกษาสิทธิ์)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

.... กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ วงศ์พันธ์ ลิมปเสนีย์)

.... กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุรัตน์ บัวเลิศ)

รุ่งนภา รักษาทรัพย์ : การจำแนกสัดส่วนแหล่งกำเนิดของสารประกอบพอลิไซคลิกอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอน (พีเอเอช) บนอนุภาคในบรรยากาศบริเวณโรงไฟฟ้า. (SOURCE APPORTIONMENT OF PARTICLE-BOUND POLYCYCLIC AROMATIC HYDROCARBONS (pPAHs) IN THE VICINITY OF POWER PLANT) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: ผศ. ดร. ศิริมา ปัญญาเมธีกุล, อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม: อ. ดร. ทรรศนีย์ พฤกษาสิทธิ์, 181 หน้า.

งานวิจัยนี้เป็นการจำแนกสัดส่วนแหล่งกำเนิดของสารประกอบพอลิไซคลิกอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอน (พีเอเอช) บนอนุภาคในบรรยากาศบริเวณใกล้เคียงโรงไฟฟ้าแห่งหนึ่งในประเทศไทย โดยเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน (PM_{10}) จาก 5 จุด บริเวณใกล้เคียงโรงไฟฟ้า ซึ่งทำการเก็บตัวอย่างเดือนละครั้งระหว่างเดือนมกราคม ถึงเดือนกรกฎาคม 2549 ด้วยเครื่อง High volume air sampler ซึ่งพบว่าค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมงของฝุ่นขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนในบรรยากาศบริเวณจุดเก็บตัวอย่าง มีค่าระหว่าง 18.0-79.3 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร นอกจากนี้ยังเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองรวมจากปล่องทั้ง 8 ของโรงไฟฟ้าซึ่งใช้แก๊สธรรมชาติเป็นเชื้อเพลิงหลักในการผลิตกระแสไฟฟ้า วิเคราะห์สารประกอบพีเอเอชที่ดูดซับบน PM_{10} ทั้ง 16 ชนิด ด้วยเครื่อง GC/MS พบว่าค่าความเข้มข้นรวมของสารประกอบพีเอเอชทั้ง 16 ชนิด มีค่าระหว่าง 2.5-127.9 นาโนกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และชนิดของพีเอเอชที่พบมากที่สุดในพื้นที่ศึกษา คือ DBahA (ร้อยละ 20.8), BaP (ร้อยละ15.8), BbF (ร้อยละ 15.0) และ BghiP (ร้อยละ 14.5) ตามลำดับ จากนั้นทำการวิเคราะห์หาสัดส่วนแหล่งกำเนิดของสารประกอบพีเอเอชด้วยแบบจำลองดุลยภาพมวลเคมี รุ่นที่ 8.2 โดยพิจารณาแหล่งกำเนิดของสารประกอบพีเอเอชที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ การใช้เชื้อเพลิงของโรงไฟฟ้า รถยนต์เบนซิน รถยนต์ดีเซลขนาดเล็กและขนาดใหญ่ รถจักรยานยนต์ 2 และ 4 จังหวะ การเผาไหม้ชีวมวล และฝุ่นดิน ผลของการวิเคราะห์หาสัดส่วนแหล่งกำเนิดของสารประกอบพีเอเอชในพื้นที่ศึกษา พบว่าในช่วงฤดูแล้ง สารประกอบพีเอเอชมีแหล่งที่มาจากการเผาไหม้ก๊าซธรรมชาติและน้ำมันเตา คิดเป็นร้อยละ 57.2 รองลงมา คือ การเผาไหม้ก๊าซธรรมชาติ (ร้อยละ 30.2) และการเผาไหม้ชีวมวล (ร้อยละ 12.5) ตามลำดับส่วนในช่วงฤดูฝน สารประกอบพีเอเอชมีแหล่งที่มาจากการเผาไหม้ก๊าซธรรมชาติและน้ำมันเตา คิดเป็นร้อยละ 45.6 รองลงมา คือ การเผาไหม้ก๊าซธรรมชาติ (ร้อยละ 26.2) รถยนต์เบนซิน (ร้อยละ 19.1) รถจักยานยนต์ 2 จังหวะ (ร้อยละ 4.8) รถยนต์ดีเซลขนาดใหญ่ (ร้อยละ 1.7) และการเผาไหม้ชีวมวล (ร้อยละ 0.4) ตามลำดับ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สาขาวิชา วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม ลายมือชื่อนิสิต ....

ปีการศึกษา 2551 ลายมือชื่ออ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ....

ลายมือชื่ออ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ....

4889126020: MAJOR INTER-DEPARTMENT OF ENVIRONMENTAL SCIENCE

KEYWORDS : CMB / GC-MS / Natural Gas / PM_{10} /pPAHs

RUNGNAPA RAKSASAP : SOURCE APPORTIONMENT OF PARTICLE-BOUND POLYCYCLIC AROMATIC HYDROCARBONS (pPAHs) IN THE VICINITY OF POWER PLANT. ADVISOR : ASST. PROF. SIRIMA PANYAMETHEKUL, Ph.D., CO-ADVISOR : TASSANEE PRUEKSASIT, Ph.D., 181 pp.

This study aims to determine source apportionment of pPAHs in the vicinity of power plant in Thailand. Samples of particulate matter equal or less than 10 μm (PM_{10}) were collected from five sites nearby a power plant. The PM_{10} samples were collected once a month between January-July 2006 using PM_{10} high volume air sampler. The average 24-hour PM_{10} concentrations varied from 18.0 to 79.3 μg/m^3. Sampling of total suspended particulate (TSP) from eight stacks of the power plant where natural gas supplying as primary fuel, was also performed. Qualitative and quantitative analysis of PAHs was conducted by Gas Chromatography-Mass Spectrometer (GC/MS). The total 16 PAHs concentrations varied from 2.5 to 127.9 ng/m^3. Predominant PAHs species found in this study area were DBahA, BaP, BbF and BghiP indicating as the percentage of 20.8, 15.8, 15.0 and 14.5, respectively. Receptor model, Chemical Mass Balance version 8.2 was used to extrapolate the emission inventory of pPAHs considering various related sources of this compounds. Possible pPAHs emission sources included in this study extrapolation were fuel consumption of power plant, gasoline vehicle, diesel vehicle, 2 strokes and 4 strokes motorcycles, biomass burning, and soil dust. The results from CMB receptor modeling show that the pPAHs concentration determined in this area during dry season contributed from natural gas and heavy oil burning, natural gas burning and biomass burning, as the percentage of 57.2, 30.2, and 12.5, respectively. During wet season, an affecting sources of the pPAHs concentration contribution were natural gas and heavy oil burning, natural gas burning, gasoline vehicle, two strokes motorcycle, heavy duty diesel vehicle, and biomass burning, with the percentage of 45.6, 26.2, 19.1, 4.8, 1.7, and 0.4, respectively

Field of Study : Environmental Science	Student's Signature รุ่งนภา รักษาทรัพย์
Academic Year : 2008	Advisor's Signature
	Co-Advisor's Signature T. Prueksasit

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์นี้ได้รับความอนุเคราะห์ตัวอย่างกระดาษกรองบางส่วน ข้อมูลต่างๆที่จำเป็นในการทำวิจัย และทุนสนับสนุนวิจัยบางส่วนจากบริษัทผลิตไฟฟ้าราชบุรี จำกัด จึงขอกราบขอบพระคุณ ณ ที่นี้

ขอกราบขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศิริมา ปัญญาเมธีกุล อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ อาจารย์ ดร. ทรรศนีย์ พฤกษาสิทธิ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ซึ่งท่านได้กรุณาให้ความรู้ คำปรึกษา และแนะนำให้ข้อคิดเห็นต่างๆ ตลอดจนคอยดูแล แก้ไขปัญหาและอุปสรรคที่เกิดขึ้นระหว่างการวิจัยด้วยดีตลอดมา

ขอกราบขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชาญวิทย์ โฆษิตานนท์ ที่กรุณาให้ความอนุเคราะห์เป็นประธานกรรมการการสอบวิทยานิพนธ์ รวมถึง รองศาสตราจารย์ วงศ์พันธ์ ลิมปเสนีย์ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรัตน์ บัวเลิศ ที่กรุณาเสียสละเวลาเป็นกรรมการในการสอบวิทยานิพนธ์ พร้อมให้ข้อคิดเห็น ข้อเสนอแนะ ตลอดจนช่วยตรวจรายละเอียดต่างๆ ในวิทยานิพนธ์ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอกราบขอบพระคุณบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และสหสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ได้มอบทุนอุดหนุนวิจัยบางส่วน ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ให้ความอนุเคราะห์ให้ใช้ห้องปฏิบัติการ และเครื่อง GC/MS ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.โสภา ชินเวชกิจวานิชย์ ที่คอยให้คำแนะนำ กำลังใจและคำปรึกษามาโดยตลอด รวมทั้งเพื่อนๆ พี่ๆ น้องๆ ทุกคนที่ได้ให้ความช่วยเหลือและให้กำลังใจที่ดีมาโดยตลอด

ท้ายสุดขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อและคุณแม่ รวมทั้งครอบครัวที่คอยให้กำลังใจ ให้คำปรึกษา ให้โอกาส และสนับสนุนทุกสิ่งทุกอย่างอย่างดียิ่งเสมอมาจนสำเร็จการศึกษา

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

สารบัญ ..... ช

สารบัญตาราง ..... ฌ

สารบัญภาพ ..... ฏ

บทที่

1 บทนำ 1

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา 1

1.2 วัตถุประสงค์ 3

1.3 ขอบเขตการศึกษา 3

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 5

2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 6

2.1 ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับสารประกอบพีเอเอช 6

2.2 ความสัมพันธ์ของสารประกอบพีเอเอชกับฝุ่นละออง 17

2.3 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ด้านอากาศ 20

2.4 แบบจำลองดุลยภาพมวลเคมี 24

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 30

3 วิธีดำเนินการศึกษา 33

3.1 พื้นที่ทำการศึกษา 33

3.2 วัสดุอุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาวิจัย 38

3.3 วิธีดำเนินการศึกษา 41

4 ผลและวิจารณ์ผลการศึกษา 57

4.1 การวิเคราะห์ทางเคมีเพื่อหาชนิดและปริมาณของสารประกอบพีเอเอช 57

4.2 การศึกษาความเข้มข้นของฝุ่นละอองจากปล่องของโรงไฟฟ้าและในบรรยากาศทั่วไป 60

4.3 การศึกษาความเข้มข้นและรูปแบบการกระจายตัวของสารประกอบพีเอเอช 69

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หน้า

4.4 การศึกษาความสัมพันธ์ลายนิ้วมือ (Fingerprint) ของสารประกอบพีเอเอชที่ได้จากแหล่งกำเนิดและแหล่งรับในการศึกษาครั้งนี้ 85
4.5 การวิเคราะห์สัดส่วนแหล่งกำเนิดของสารประกอบพีเอเอชด้วยแบบจำลองดุลยภาพมวลเคมี 87
4.6 การเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์สัดส่วนแหล่งกำเนิดของสารประกอบพีเอเอชด้วยแบบจำลองดุลยภาพมวลเคมีและการหาความสัมพันธ์ลายนิ้วมือของสารประกอบพีเอเอช 100
4.7 การเปรียบเทียบค่าความเข้มข้นของสารประกอบพีเอเอชกับค่ามาตรฐาน 102
5 สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ 106
5.1 สรุปผลการศึกษา 106
5.2 ข้อเสนอแนะ 111
รายการอ้างอิง 112
ภาคผนวก 118
ภาคผนวก ก 119
ภาคผนวก ข 124
ภาคผนวก ค 139
ภาคผนวก ง 158
ภาคผนวก จ 167
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์ 181

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

2.1 การแบ่งชนิดของสารประกอบพีเอเอชตามความสามารถในการก่อมะเร็ง 11
2.2 ชนิดของสารประกอบพีเอเอชในฝุ่นละอองจากแหล่งกำเนิดต่างๆ 19
3.1 สภาวะการทำงานของเครื่อง GC/MS ในการวิเคราะห์สารประกอบพีเอเอช 44
3.2 ลักษณะ ion fragmentation และ RT ของสาร PAHs Mix Standard 16 ชนิด และ Internal Standard Mix 6 ชนิด 46
3.3 ชนิด PAHs Mix Standard ที่ใช้เทียบเป็นสัดส่วนกับ Internal Standard Mix 47
3.4 สัดส่วนของสารประกอบพีเอเอชทั้ง 16 ชนิดจากแหล่งกำเนิดต่างๆที่ใช้ในการวิเคราะห์ด้วยแบบจำลองดุลยภาพมวลเคมี 52
4.1 ค่า Coefficient of determination (R^2) ของสารประกอบพีเอเอชทั้ง 16ชนิด 57
4.2 ผลการหาค่า LOD ของสารละลายมาตรฐานสารประกอบพีเอเอชทั้ง 16 ชนิด 58
4.3 ค่า Recovery Test ของสารประกอบพีเอเอชทั้ง 16 ชนิด 59
4.4 การใช้เชื้อเพลิงในการผลิตกระแสไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าขณะทำการเก็บตัวอย่างฝุ่น TSP 61
4.5 ความเข้มข้นของฝุ่น PM_{10} จากจุดเก็บตัวอย่างโดยรอบโรงไฟฟ้าทั้ง 5 จุด ในช่วงฤดูแล้งและฤดูฝน 62
4.6 ความเข้มข้นของฝุ่น PM_{10} ของจังหวัดที่ทำการศึกษา 63
4.7 ความเข้มข้นของฝุ่น PM_{10} จากสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศแบบต่อเนื่องของโรงไฟฟ้าในฤดูแล้ง 64
4.8 ความเข้มข้นของฝุ่น PM_{10} จากจุดเก็บตัวอย่างโดยรอบโรงไฟฟ้าในฤดูแล้ง 67
4.9 ความเข้มข้นของฝุ่น PM_{10} จากจุดเก็บตัวอย่างโดยรอบโรงไฟฟ้าในฤดูฝน 67
4.10 เปรียบเทียบความเข้มข้นของฝุ่น PM_{10} จากจุดเก็บตัวอย่างโดยรอบโรงไฟฟ้ากับสถานีตรวจวัดอากาศแบบต่อเนื่องของโรงไฟฟ้าในฤดูแล้ง 68
4.11 ค่าความสัมพันธ์ระหว่างรูปแบบการกระจายของพีเอเอช 16 ชนิด จากจุดต่างๆ 86
4.12 ความสัมพันธ์ระหว่างแหล่งกำเนิดกับจุดเก็บตัวอย่างโดยรอบโรงไฟฟ้าและสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศแบบต่อเนื่องของโรงไฟฟ้า 87
4.13 การใส่ข้อมูลและประมวลผลด้วยแบบจำลองดุลยภาพมวลเคมี (Trial and Error) 88
4.14 ค่าการยอมรับการตัดสินใจจากการประมวลผลด้วยแบบจำลองดุลยภาพมวลเคมี 88

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ หน้า

4.15 ความสัมพันธ์ระหว่างแบบจำลองดุลยภาพมวลเคมีและความสัมพันธ์ทางสถิติของแหล่งกำเนิดต่างๆ กับจุดเก็บตัวอย่างในพื้นที่ศึกษา 101
4.16 ความเข้มข้นเฉลี่ยของสารประกอบพีเอเอชชนิด BaP ในช่วงฤดูแล้งและฤดูฝนจากจุดเก็บตัวอย่างทั้งหมดในพื้นที่ศึกษา 103

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญภาพ

ภาพที่ หน้า

2.1 โครงสร้าง น้ำหนักโมเลกุล จุดเดือด และจุดหลอมเหลวของสารประกอบพีเอเอช ทั้ง 16 ชนิด 7
2.2 ส่วนประกอบของระบบมลพิษทางอากาศ 20
2.3 สัดส่วนแหล่งกำเนิดของสารประกอบพีเอเอชในอนุภาคอากาศของเมืองฮิโรชิมา ประเทศญี่ปุ่น 32
3.1 การเก็บตัวอย่างอากาศจากปล่องของโรงไฟฟ้า 34
3.2 การติดตั้งอุปกรณ์ชักตัวอย่าง 34
3.3 กระดาษกรองที่ใช้เก็บตัวอย่างฝุ่น TSP 34
3.4 อุปกรณ์ชักตัวอย่างน้ำมัน 35
3.5 การเก็บตัวอย่างน้ำมันเตา 35
3.6 การเก็บตัวอย่างน้ำมันดีเซล 35
3.7 ตำแหน่งจุดตรวจวัดสารประกอบพีเอเอชในบรรยากาศ 36
3.8 บริเวณจุดตรวจวัดสารประกอบพีเอเอชในบรรยากาศทั้ง 5 จุด 37
3.9 วัสดุอุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์หาสารประกอบพีเอเอช 40
3.10 โครมาโตรแกรมของสารละลายมาตรฐานสารประกอบพีเอเอชทั้ง 16 ชนิด 45
3.11 แผนผังของไฟล์ข้อมูลทั้งหมดในการวิเคราะห์ด้วยแบบจำลองดุลยภาพมวลเคมี 55
3.12 หน้าแสดงผลหลักจากวิเคราะห์ด้วยแบบจำลองดุลยภาพมวลเคมี 56
4.1 ความเข้มข้นของฝุ่นละอองรวมที่ปล่อยออกมาจากปล่องทั้ง 8 ของโรงไฟฟ้า 60
4.2 ความเข้มข้นเฉลี่ยของฝุ่น PM_{10} จากจุดเก็บตัวอย่างโดยรอบโรงไฟฟ้าทั้ง 5 แห่ง 63
4.3 ความเข้มข้นเฉลี่ยของฝุ่น PM_{10} จากสถานีตรวจวัดอากาศของโรงไฟฟ้าทั้ง 4 แห่ง 65
4.4 ความเข้มข้นรวมของสารประกอบพีเอเอชที่ปล่อยออกมาจากปล่องทั้ง 8 ของโรงไฟฟ้า 70
4.5 ลักษณะการกระจายตัวของสารประกอบพีเอเอชแต่ละชนิดจากปล่องของโรงไฟฟ้า 71
4.6 ความเข้มข้นของสารประกอบพีเอเอชแต่ละชนิดในน้ำมันเตา 74
4.7 ความเข้มข้นของสารประกอบพีเอเอชแต่ละชนิดในน้ำมันดีเซล 74
4.8 ลักษณะการกระจายตัวของสารประกอบพีเอเอชในน้ำมันเชื้อเพลิงของโรงไฟฟ้า 75
4.9 ความเข้มข้นรวมของสารประกอบพีเอเอชจากจุดเก็บตัวอย่างอากาศโดยรอบ โรงไฟฟ้าทั้ง 5 จุด 76

ภาพที่ หน้า

4.10 ลักษณะการกระจายตัวของสารประกอบพีเอเอชจากจุดเก็บตัวอย่างโรงเรียนบ้านหนองสองห้อง 77
4.11 ลักษณะการกระจายตัวของสารประกอบพีเอเอชจากจุดเก็บตัวอย่างองค์การบริหารส่วนตำบลดอนทราย 77
4.12 ลักษณะการกระจายตัวของสารประกอบพีเอเอชจากจุดเก็บตัวอย่างโรงเรียนบ้านไร่ชาวเหนือ 78
4.13 ลักษณะการกระจายตัวของสารประกอบพีเอเอชจากจุดเก็บตัวอย่างองค์การบริหารส่วนตำบลคูบัว 78
4.14 ลักษณะการกระจายตัวของสารประกอบพีเอเอชจากจุดเก็บตัวอย่างโรงเรียนวัดอมรญาติสมาคม 79
4.15 ลักษณะการกระจายตัวของสารประกอบพีเอเอชจากตัวอย่างทั้งหมดของจุดเก็บตัวอย่างอากาศโดยรอบโรงไฟฟ้าทั้ง 5 จุด 80
4.16 ค่าความเข้มข้นรวม 24 ชั่วโมงของสารประกอบพีเอเอชจากบริเวณสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศแบบต่อเนื่องของโรงไฟฟ้า 81
4.17 ลักษณะการกระจายตัวของสารประกอบพีเอเอชจากสถานีวัดนักบุญอัตตนนีโอ 82
4.18 ลักษณะการกระจายตัวของสารประกอบพีเอเอชจากสถานีวัดบางกระโด 82
4.19 ลักษณะการกระจายตัวของสารประกอบพีเอเอชจากสถานีวัดโพธิ์ราษฎร์บูรณะ 83
4.20 ลักษณะการกระจายตัวของสารประกอบพีเอเอชจากสถานีวัดชาวเหนือ 83
4.21 ลักษณะการกระจายตัวของสารประกอบพีเอเอชจากตัวอย่างทั้งหมดของสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศแบบต่อเนื่องของโรงไฟฟ้าทั้ง 4 จุด 84
4.22 สัดส่วนแหล่งกำเนิดของสารประกอบพีเอเอชบริเวณโรงเรียนบ้านหนองสองห้อง (ฤดูแล้ง) 89
4.23 สัดส่วนแหล่งกำเนิดของสารประกอบพีเอเอชบริเวณองค์การบริหารส่วนตำบลดอนทราย (ฤดูแล้ง) 90
4.24 สัดส่วนแหล่งกำเนิดของสารประกอบพีเอเอชบริเวณโรงเรียนบ้านไร่ชาวเหนือ (ฤดูแล้ง) 91
4.25 สัดส่วนแหล่งกำเนิดของสารประกอบพีเอเอชบริเวณองค์การบริหารส่วนตำบลคูบัว (ฤดูแล้ง) 92

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาพที่ หน้า

4.26 สัดส่วนแหล่งกำเนิดของสารประกอบพีเอเอชบริเวณโรงเรียนบ้านหนองสองห้อง (ฤดูฝน) 93
4.27 สัดส่วนแหล่งกำเนิดของสารประกอบพีเอเอชบริเวณองค์การบริหารส่วนตำบลดอนทราย (ฤดูฝน) 94
4.28 สัดส่วนแหล่งกำเนิดของสารประกอบพีเอเอชบริเวณโรงเรียนบ้านไร่ชาวเหนือ (ฤดูฝน) 95
4.29 สัดส่วนแหล่งกำเนิดของสารประกอบพีเอเอชบริเวณองค์การบริหารส่วนตำบลคูบัว (ฤดูฝน) 96
4.30 สัดส่วนแหล่งกำเนิดของสารประกอบพีเอเอชบริเวณโรงเรียนวัดอมรญาติสมาคม (ฤดูฝน) 96
4.31 สัดส่วนแหล่งกำเนิดของสารประกอบพีเอเอชบริเวณวัดนักบุญอันตนนีโอ 98
4.32 สัดส่วนแหล่งกำเนิดของสารประกอบพีเอเอชบริเวณวัดบางกระโด 98
4.33 สัดส่วนแหล่งกำเนิดของสารประกอบพีเอเอชบริเวณวัดโพธิ์ราษฎร์บูรณะ 99

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

ผลจากการพัฒนาประเทศและการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจ ส่งผลให้เกิดการขยายตัวของโรงงานอุตสาหกรรมเพิ่มสูงขึ้น โดยมีผลสืบเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของสังคมจากภาคเกษตรกรรมไปสู่ภาคอุตสาหกรรม ทั้งนี้จะเห็นได้ว่าโรงงานอุตสาหกรรมต่างๆ มีความต้องการใช้ปริมาณไฟฟ้าในการเพิ่มกำลังการผลิต รวมทั้งความต้องการใช้ไฟฟ้าของประชาชนที่เพิ่มสูงขึ้น ซึ่งพบว่าพลังงานไฟฟ้าดังกล่าวมีแหล่งกำเนิดมาจากโรงไฟฟ้าต่างๆ ที่เป็นแหล่งกำเนิดหลักของการผลิตกระแสไฟฟ้าในประเทศไทย อาทิเช่น โรงไฟฟ้าในภาคตะวันตก ซึ่งตั้งอยู่ใกล้พื้นที่อุตสาหกรรมขนาดใหญ่ ได้แก่ จังหวัดสมุทรสงคราม จังหวัดสมุทรสาคร จังหวัดนครปฐม รวมทั้งกรุงเทพมหานคร โดยเชื้อเพลิงที่ใช้ในการผลิตกระแสไฟฟ้าของโรงไฟฟ้านั้นประกอบไปด้วย แก๊สธรรมชาติซึ่งเป็นเชื้อหลักที่ใช้ในการผลิต ในขณะที่น้ำมันเตาและน้ำมันดีเซลจะเป็นเชื้อเพลิงสำรองในส่วนของโรงไฟฟ้าพลังความร้อน และโรงไฟฟ้าพลังความร้อนร่วมตามลำดับ (บริษัทเซ้าท์อี๊สท์เอเชียเทคโนโลยี่ จำกัด, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ และมหาวิทยาลัยมหิดล, 2547) ซึ่งจากข้อมูลการผลิตกระแสไฟฟ้าและการใช้เชื้อเพลิงของโรงไฟฟ้าในปี พ.ศ. 2546 พบว่า มีกำลังการผลิตกระแสไฟฟ้า 3,645 เมกะวัตต์ ในขณะที่ปริมาณการใช้เชื้อเพลิงนั้นพบว่า มีการใช้แก๊สธรรมชาติเป็นจำนวน 175,823 ล้านลูกบาศก์ฟุต น้ำมันดีเซล 14.9 ล้านลิตร และน้ำมันเตา 177.8 ล้านลิตร (การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย, 2547) แต่กำลังการผลิตกระแสไฟฟ้าดังกล่าวยังไม่เพียงพอกับความต้องการ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องเพิ่มกำลังการผลิตกระแสไฟฟ้าให้สูงขึ้น โดยในปี พ.ศ. 2547 โรงไฟฟ้ามีแนวโน้มเพิ่มกำลังการผลิตเป็น 5,820 เมกะวัตต์ ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 59.67 ของกำลังการผลิตเดิม (บริษัท เซ้าท์อี๊สท์เอเชียเทคโนโลยี่ จำกัด และคณะ, 2547) โดยผลจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงดังกล่าวอาจก่อให้เกิดสารมลพิษทางอากาศจำพวกก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) ออกไซด์ของไนโตรเจน (NO_x) และฝุ่นละออง (Particulate matter) ซึ่งมลสารดังกล่าวอาจส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม เช่น บดบังทัศนวิสัย ทำให้ความสามารถในการมองเห็นลดลง และผลกระทบต่อสุขภาพ อันเกิดจากอนุภาคของฝุ่นที่มีขนาดเล็กสามารถผ่านเข้าไปในระบบทางเดินหายใจส่วนล่าง เป็นผลทำให้เกิดโรคเกี่ยวกับระบบทางเดินหายใจ (กรมอนามัย, 2540) นอกจากนี้ยังพบว่า ภายในอนุภาคฝุ่นละอองมีองค์ประกอบหลากหลายชนิด เช่น

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

โลหะหนัก (Heavy metal) โลหะปริมาณน้อย (Trace elements) และสารประกอบไฮโดรคาร์บอน เป็นต้น (Arditsoglou et al., 2004)

ชนิดของสารประกอบไฮโดรคาร์บอนที่เกาะบนอนุภาคฝุ่นละอองที่สำคัญ ได้แก่ สารประกอบพอลิไซคลิกอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอน (Polycyclic Aromatic Hydrocarbons: PAHs) ซึ่งจากการศึกษาทางพิษวิทยาพบว่า สารประกอบพีเอเอชนั้นจัดเป็นสารก่อมะเร็ง (Carcinogenic) และสารก่อการกลายพันธุ์ (Mutagenicity) ในมนุษย์และสัตว์ที่เลี้ยงลูกด้วยน้ำนม (The International Programe on Chemical Safety [IPCS], 1998) โดยทั่วไปสารประกอบพีเอเอชมีแหล่งกำเนิดทั้งจากธรรมชาติ เช่น ไฟป่า ภูเขาไฟระเบิด เป็นต้น และจากกิจกรรมของมนุษย์ เช่น การหุงต้มและการให้ความร้อนภายในที่อยู่อาศัย การเผาไหม้เชื้อเพลิงจากยานพาหนะ และกระบวนการผลิตของภาคอุตสาหกรรม ซึ่งสารประกอบพีเอเอชจะมาจากการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ของสารประกอบอินทรีย์ในกระบวนการผลิต อาทิเช่น โรงไฟฟ้าพลังความร้อนที่มีกระบวนการผลิตโดยใช้ถ่านหิน น้ำมันดิบ และแก๊สธรรมชาติ เป็นต้น (กรมควบคุมมลพิษ, 2543) จะเห็นได้ว่า แหล่งกำเนิดของสารประกอบพีเอเอชในบรรยากาศนั้นมีอยู่ด้วยกันหลายประเภท จึงมีความจำเป็นที่จะต้องจำแนกแหล่งกำเนิดของสารมลพิษดังกล่าว ซึ่งสามารถทำได้จากการตรวจวัดหาค่าความเข้มข้นของสารประกอบพีเอเอชที่แหล่งรับมลพิษนั้นๆ โดยใช้วิธีการจัดการคุณภาพอากาศที่เรียกว่า แบบจำลองดุลยภาพมวลเคมี (Chemical Mass Balance [CMB] Receptor Model) ซึ่งเป็นแบบจำลองที่สามารถบอกถึงการกระจายมวลของสารประกอบพีเอเอชจากแหล่งกำเนิดมาสู่แหล่งรับมลพิษได้ สำหรับในประเทศนั้นได้มีการศึกษาแหล่งกำเนิดของสารประกอบพีเอเอชจากบริเวณพื้นที่ริมถนนในเขตกรุงเทพมหานคร ซึ่งส่วนใหญ่มีแหล่งกำเนิดมาจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงจากยานพาหนะ (จินตนา สายวรรณ์, 2541; ปาจรีย์ ทองสนิท, 2545; เมธินี วรรณวิจิตร, 2548; Hathairatana Garivait, 1999) แต่การศึกษาแหล่งกำเนิดของสารประกอบพีเอเอชจากภาคอุตสาหกรรมโดยเฉพาะอย่างยิ่งจากโรงไฟฟ้าในประเทศไทยนั้นยังมีอยู่อย่างจำกัด

การศึกษาในครั้งนี้จึงมุ่งศึกษาสัดส่วนแหล่งกำเนิดที่สำคัญของสารประกอบพีเอเอชที่เกาะบนอนุภาคในบรรยากาศบริเวณโรงไฟฟ้าและบริเวณใกล้เคียง ทั้งในช่วงฤดูแล้งและฤดูฝน เพื่อให้ทราบถึงการเปลี่ยนแปลงของสัดส่วนแหล่งกำเนิดของสารประกอบพีเอเอชที่สำคัญในช่วงฤดูแล้งและฤดูฝน และสามารถนำผลจากแบบจำลองที่ได้นี้ไปเป็นแนวทางในการประเมินความเสี่ยงของสารประกอบพีเอเอชในบรรยากาศ เพื่อป้องกันผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นต่อสุขภาพของประชาชนที่อาศัยอยู่โดยรอบโรงไฟฟ้าต่อไป

ศูนย์วิทยทรัพยากร จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 เพื่อหาชนิดและความเข้มข้นของสารประกอบพอลิไซคลิกอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอนที่เกาะบนอนุภาคในบรรยากาศบริเวณโรงไฟฟ้าและบริเวณใกล้เคียง

1.2.2 เพื่อหาสัดส่วนแหล่งกำเนิดของสารประกอบพีเอเอชที่เกาะบนอนุภาคในบรรยากาศโดยใช้แบบจำลองดุลยภาพมวลเคมี

1.3 ขอบเขตการศึกษา

1.3.1 ทำการเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน ในรัศมี 20 กิโลเมตรรอบโรงไฟฟ้าในภาคตะวันตกของประเทศไทย ซึ่งมีพื้นที่ศึกษาทั้งหมด 5 แห่ง ดังนี้

(1) โรงเรียนบ้านหนองสองห้อง

(2) องค์การบริหารส่วนตำบลดอนทราย

(3) โรงเรียนบ้านไร่ชาวเหนือ

(4) องค์การบริหารส่วนตำบลคูบัว

(5) โรงเรียนวัดอมรญาติสมาคม

1.3.2 ทำการรวบรวมตัวอย่างฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน จากสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศของโรงไฟฟ้า ซึ่งมีพื้นที่ศึกษาทั้งหมด 4 แห่ง ดังนี้

(1) วัดบางกะโด

(2) วัดชาวเหนือ

(3) วัดนักบุญอันตนนีโอ

(4) วัดโพธิ์ราษฎร์บูรณะ

1.3.3 ทำการรวบรวมตัวอย่างฝุ่นละอองรวมที่ปล่อยออกมาจากปล่องของโรงไฟฟ้าซึ่งมีพื้นที่ศึกษาทั้งหมด 8 แห่ง ดังนี้

(1) Thermal Unit 1

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

(2) Thermal Unit 2

(3) Combine Unit 1-1

(4) Combine Unit 1-2

(5) Combine Unit 2-1

(6) Combine Unit 2-2

(7) Combine Unit 3-1

(8) Combine Unit 3-2

1.3.4 ทำการชักตัวอย่างน้ำมันเตาและน้ำมันดีเซลซึ่งใช้เป็นเชื้อเพลิงในการผลิตกระแสไฟฟ้า จากถังสำรองน้ำมันดีเซลจำนวน 5 ถัง และน้ำมันเตาจำนวน 4 ถัง แล้วนำตัวอย่างมารวมกันเป็นตัวอย่างเดียวสำหรับน้ำมันแต่ละชนิด

1.3.5 ระยะเวลาที่ทำการศึกษา

(1) ช่วงฤดูแล้ง คือเดือนมกราคม-พฤษภาคม พ.ศ. 2549

(2) ช่วงฤดูฝน คือเดือนมิถุนายน-กรกฎาคม พ.ศ. 2549

1.3.6 พารามิเตอร์ที่ทำการศึกษา คือ ชนิดและความเข้มข้นของสารประกอบพีเอเอชทั้ง 16 ชนิด ได้แก่ แนฟทาลีน (Naphthalene: Nap), อะซีแนฟไทลีน (Acenaphthylene: Acy), อะซีแนฟทีน (Acenaphthene: Ace), ฟลูออรีน (Flourene: Flu), ฟีแนนทรีน (Phenanthrene: Phe), แอนทราซีน (Anthracene: Anth), ฟลูออแรนทีน (Flouranthene: Fluor), ไพรีน (Pyrene: Pyr), เบนโซ (เอ) แอนทราซีน (Benzo [a] anthracene: BaA), ไครซีน (Chrysene: Chry), เบนโซ (บี) ฟลูออแรนทีน (Benzo [b] fluoranthene: BbF), เบนโซ (เค) ฟลูออแรนทีน (Benzo [k] floranthene: BkF), เบนโซ (เอ) ไพรีน (Benzo [a] pyrene: BaP), ไดเบนซ์ (เอ, เอช) แอนทราซีน (Dibenz [a, h] Anthracene: DBahA), อินดีโน [1,2,3-ซี ดี] ไพรีน (Indeno [1,2,3-cd] pyrene: Ind) และ เบนโซ (จี, เอช, ไอ) ไพรีน (Benzo [g, h, i] pyrene: BghiP)

1.3.7 รวบรวมข้อมูลสารประกอบพีเอเอชจากแหล่งกำเนิดประเภทต่างๆ ทั้งนี้พิจารณาเฉพาะ

(1) สารประกอบพีเอเอชจากยานพาหนะ ได้แก่ รถยนต์ดีเซลขนาดเล็กและขนาดใหญ่ รถยนต์เบนซิน และรถจักรยานยนต์

(2) สารประกอบพีเอเอชจากการฟุ้งกระจายของฝุ่นดิน

(3) สารประกอบพีเอเอชจากการเผาไหม้ชีวมวล

(4) สารประกอบพีเอเอชจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงของโรงไฟฟ้า ได้แก่ น้ำมันเตา และน้ำมันดีเซล

1.3.8 วิเคราะห์หาชนิดและความเข้มข้นของสารประกอบพีเอเอช จากนั้นนำค่าความเข้มข้นของสารประกอบพีเอเอชและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมาคำนวณหาสัดส่วนแหล่งกำเนิดโดยใช้โปรแกรมแบบจำลองดุลยภาพมวลเคมี รุ่นที่ 8.2 (CMB 8.2)

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 ทำให้ทราบชนิดและความเข้มข้นของสารประกอบพีเอเอชที่เกาะบนอนุภาคในบรรยากาศบริเวณโรงไฟฟ้าและบริเวณใกล้เคียง

1.4.2 ทำให้ทราบถึงแหล่งกำเนิดของสารประกอบพีเอเอชที่เกาะบนอนุภาคในบรรยากาศบริเวณโรงไฟฟ้าและบริเวณใกล้เคียง ทั้งในช่วงฤดูแล้งและฤดูฝน

1.4.3 สามารถนำผลจากการศึกษาครั้งนี้ไปใช้เป็นแนวทางในการกำหนดค่ามาตรฐานของสารประกอบพีเอเอชในบรรยากาศของประเทศไทย เพื่อป้องกันอันตรายที่อาจเกิดขึ้นต่อประชาชนที่ได้รับสารชนิดนี้

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับสารประกอบพีเอเอช

2.1.1 ชนิดและโครงสร้างของสารประกอบพีเอเอช

สารประกอบพอลิไซคลิกอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอน (Polycyclic Aromatic Hydrocarbons: PAHs) เป็นกลุ่มสารเคมีที่มีโครงสร้างโมเลกุลประกอบด้วยวงอะโรมาติก (Aromatic ring) ตั้งแต่ 2 วงเชื่อมต่อกัน ลักษณะการเชื่อมต่อกันคือวงอะโรมาติก 2 วงที่อยู่ติดกันต้องใช้คาร์บอน 2 อะตอมร่วมกัน วงอะโรมาติกอาจมีคาร์บอน 5 หรือ 6 อะตอมก็ได้สารประกอบพีเอเอชนั้นประกอบด้วยสารที่มีสูตรโครงสร้างหลักแตกต่างกัน 35 ชนิด ซึ่งองค์การพิทักษ์สิ่งแวดล้อมแห่งสหรัฐอเมริกา (The United States Environmental Protection Agency, US EPA) ได้จัดกลุ่มสารประกอบพีเอเอชที่ควรให้ความสำคัญอันดับแรกไว้ทั้งหมด 16 ชนิด (กรมควบคุมมลพิษ, 2543) ดังแสดงในภาพที่ 2.1

โดยทั่วไปสารประกอบพีเอเอชที่มีอุณหภูมิปกติ จะมีลักษณะเป็นของแข็ง มีจุดเดือดและจุดหลอมเหลวสูง ความดันไอต่ำ ละลายน้ำได้น้อยมาก การละลายน้ำจะขึ้นอยู่กับมวลโมเลกุลของสารนั้นๆ (จินตนา สายวรรณ์, 2541) สารประกอบพีเอเอชจะละลายในตัวทำละลายที่มีขั้วและเป็น Highly lipophilic สารประกอบพีเอเอชเป็นสารที่เฉื่อย (เนื่องจากเป็นวงเบนซินเกาะกัน) และสามารถสลายตัวในสิ่งแวดล้อมด้วยปฏิกิริยา photodecomposition และปฏิกิริยาที่เกิดกับไนโตรเจนออกไซด์ ไนตริกแอซิท ซัลเฟอร์ออกไซด์ ซัลฟิวริกแอซิด โอโซน และ ไฮดรอกซีเรดิเคล

2.1.2 แหล่งกำเนิดของสารประกอบพีเอเอช

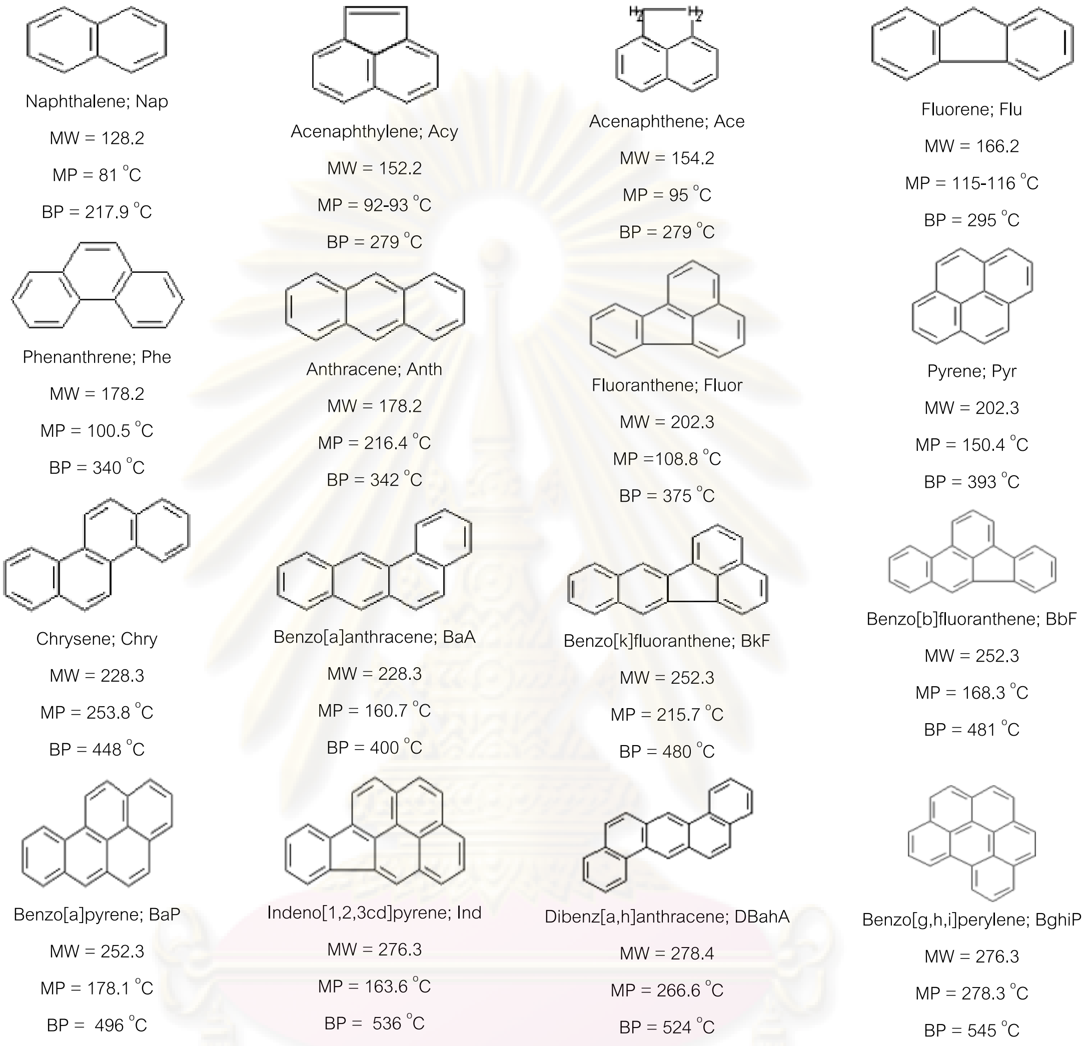
สารประกอบพีเอเอชในอากาศเกิดจากแหล่งกำเนิดหลัก 2 ประเภท คือ แหล่งกำเนิดที่เป็นกระบวนการตามธรรมชาติ และแหล่งกำเนิดที่เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์

2.1.2.1 แหล่งกำเนิดจากกระบวนการตามธรรมชาติ

แหล่งกำเนิดหลักของสารประกอบพีเอเอชที่เกิดขึ้นจากธรรมชาติ คือ การเกิดไฟป่าและภูเขาไฟระเบิด ซึ่งในประเทศแคนาดาพบว่ามีสารประกอบพีเอเอชในอากาศที่เกิดจากไฟป่า

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประมาณ 2,000 ตัน/ปี และพบสารประกอบพีเอเอชชนิด BaP จากภูเขาไฟระเบิดประมาณ 1.2–1.4 ตัน/ปี (Environment Canada, 1994 อ้างถึงใน IPCS,1998)



ภาพที่ 2.1 โครงสร้าง น้ำหนักโมเลกุล จุดเดือด และจุดหลอมเหลวของสารประกอบพีเอเอชทั้ง 16ชนิด (ดัดแปลงจาก IPCS, 1998)

ศูนย์วิทยทรัพยากร

2.1.2.2 แหล่งกำเนิดจากกิจกรรมของมนุษย์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1) แหล่งกำเนิดที่อยู่กับที่ (Stationary Source) ที่สำคัญได้แก่

(1) อาคารบ้านเรือนและที่อยู่อาศัย

สารประกอบพีเอเอชที่พบในอาคารบ้านเรือนและที่อยู่อาศัยส่วนใหญ่มาจากการให้ความร้อนภายในบ้านเรือนและการสูบบุหรี่ โดยสารประกอบพีเอเอชที่เกิดจากการให้ความร้อน

ภายในบ้านเรือนมักเกิดในฤดูหนาวเนื่องจากมีอุณหภูมิต่ำ จึงมีการให้ความร้อนเพื่อเพิ่มความอบอุ่นภายในที่อยู่อาศัย โดยเชื้อเพลิงที่ใช้อาจเป็นไม้ ถ่านหิน และถ่านโค้ก ซึ่งทำให้เกิดสารประกอบพีเอเอชขึ้นจากการเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ของเชื้อเพลิงดังกล่าว ดังเช่นที่เมืองกัลกัตตา ประเทศอินเดีย ประชาชนใช้ไม้และถ่านหินเป็นแหล่งพลังงานหลักในการให้ความร้อนภายในที่อยู่อาศัยซึ่งพบสารประกอบพีเอเอชชนิด BaP มีความเข้มข้นสูงกว่า 120 ng/m^3 และความเข้มข้นของสารประกอบพีเอเอชแต่ละชนิดมีค่าอยู่ระหว่าง 1.30-200 ng/m^3 ซึ่งชนิดของสารประกอบพีเอเอชที่มีความเข้มข้นสูงคือ Benzo(e)pyrene; BeP, BghiP และ BbF (Chakraborti et al., 1988) ที่เมืองไครสต์เชิร์ช ประเทศนิวซีแลนด์ พบว่าค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของสารประกอบพีเอเอชแต่ละชนิดที่มาจากเครื่องทำความร้อนในที่อยู่อาศัยมีค่าตั้งแต่ 1.0-210 ng/m^3 โดยชนิดที่มีความเข้มข้นสูงคือ BghiP และ Coronene; Cor ซึ่งมีความเข้มข้นสูงกว่า 43 ng/m^3 (Cretney et al., 1985) และที่เมืองเอสเซน ของประเทศเยอรมัน พบว่าสารประกอบพีเอเอชมีความเข้มข้นสูงในเขตที่อยู่อาศัยจากการให้ความร้อนโดยใช้ถ่านหินเป็นเชื้อเพลิงซึ่งพบ BaA, BbF และ Chry มีความเข้มข้นสูงกว่า 260 ng/m^3 (Grimmer,1980อ้างใน IPCS, 1998)

นอกจากนี้ สารประกอบพีเอเอชยังเกิดจากการสูบบุหรี่ ซึ่งมีที่มาทั้งจากควันที่เกิดจากบุหรี่โดยตรง (main stream) และควันรอบมวนบุหรี่ (side stream) โดยควันที่เกิดจากบุหรี่โดยตรงมีชนิดและปริมาณของสารประกอบพีเอเอชมากกว่าควันรอบมวนบุหรี่ถึง 3 เท่า แต่พบสารประกอบพีเอเอชบางชนิดในควันรอบมวนบุหรี่ที่มีปริมาณมากกว่าควันที่เกิดจากบุหรี่โดยตรง คือ Pyr และ Fluor ที่ความเข้มข้น 39.0-101.0 และ 126 µg/100 มวนบุหรี่ ตามลำดับ ส่วนควันที่เกิดจากบุหรี่โดยตรง พบ Pyr และ Fluor ที่ความเข้มข้น 5.0-27 และ 1.0-27.2 µg /100 มวนบุหรี่ ตามลำดับ (กรมควบคุมมลพิษ, 2543)

(2) อุตสาหกรรม

แหล่งกำเนิดของสารประกอบพีเอเอชที่เกิดจากกระบวนการผลิตทางอุตสาหกรรมนั้นมาจากการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ของสารอินทรีย์ต่างๆ ได้แก่ โรงไฟฟ้าพลังงานความร้อน ซึ่งมีการใช้ ถ่านหิน น้ำมันดิบ และแก๊สธรรมชาติ เป็นเชื้อเพลิงในการผลิตกระแสไฟฟ้า นอกจากนี้ยังมาจากอุตสาหกรรมด้านต่างๆ เช่น การกลั่นปิโตรเลียม เหล็กและเหล็กกล้า โรงงานอุตสาหกรรมที่มีการเผาไหม้เชื้อเพลิงในกระบวนการผลิต และเตาเผาขยะ เป็นต้น จากการศึกษาของ Khesina (1994) ได้ทำการตรวจวัดสารประกอบพีเอเอชบริเวณใกล้เคียงกับโรงงานน้ำมันในกรุงมอสโคว ประเทศรัสเซีย พบ BaP มีความเข้มข้นในบรรยากาศสูงกว่า 13 ng/m^3 และจากการตรวจวัดในเขตที่มีมลพิษสูง 39 สถานี บริเวณพื้นที่ upper Silesia ของประเทศโปแลนด์พบ BaP 950 ng/m^3

และ Perylene; Per 270 ng/m^3 นอกจากนี้ยังตรวจพบ BkF ในบรรยากาศมีค่ามากกว่า 140 ng/m^3, Per 110 ng/m^3, BaP 90 ng/m^3, BghiP 90 ng/m^3 และ Fluor 43 ng/m^3 จากบริเวณใกล้กับโรงงานเหล็กกล้า ในเมืองออนทาริโอ ประเทศแคนาดา (IPCS, 1998)

สำหรับสารประกอบพีเอเอชที่มาจากเตาเผาขยะนั้น โดยส่วนมากเกิดจากพลาสติกจำพวก polystyrene, polyethylene และ polyvinyl chloride ซึ่งจากการศึกษาของ Davies et al. (1976) ซึ่งทำการเก็บตัวอย่างอากาศจากปลายปล่องเตาเผาขยะชุมชน พบ Pyr 1.6 μg/m^3, BaA และ Chry 0.72 μg/m^3, Flu 0.58 μg/m^3, BghiP 0.42 μg/m^3, Benzo[b,j,k]fluoranthene; BbjkF 0.32 μg/m^3, Per 0.18 μg/m^3, Ind และ Pyr 0.18 μg/m^3

(3) การเผาไหม้ชีวมวล

วัสดุเหลือทิ้งจากการทำเกษตรกรรม เช่น ตอซังข้าว, วัชพืชที่ปกคลุมดิน และตอไม้นั้น ส่วนใหญ่เกษตรกรมักกำจัดทิ้งโดยการเผาในพื้นที่แบบเปิดโล่ง (open burning) ซึ่งการเผาลักษณะดังกล่าวนี้ นอกจากจะทำให้คุณภาพอากาศลดลง และลดวิสัยทัศน์ในการมองเห็นของผู้ขับขี่ยวดยานพาหนะแล้ว ยังก่อให้เกิดสารประกอบพีเอเอชมากกว่าการเผาในระบบปิด เนื่องจากเป็นการเผาที่ไม่สามารถควบคุมอุณหภูมิในขณะเผาไหม้ได้และอุณหภูมิที่เผานั้นยังต่ำกว่าการเผาในระบบปิดอีกด้วย ซึ่งทำให้เกิดการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ขึ้น โดยจากการศึกษาของ Jenkins et al. (1992) ได้ทำการตรวจหาสารประกอบพีเอเอชในควันจากการเผาวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร พบว่ามีค่าตัวคูณการปล่อย (emission factors) ของสารประกอบพีเอเอชเท่ากับ 1.0-68.0 mg/kg ของเชื้อเพลิงที่ถูกเผา นอกจากนี้ Chen et al. (2008) ได้ทำการตรวจหาสารประกอบพีเอเอชจากการเผาตอซังข้าวในเมือง Jhu-Shan และเมือง Sin Gang ซึ่งตั้งอยู่บริเวณตอนกลางของประเทศไต้หวัน โดยตรวจวัดทั้งสถานะแก๊สและที่เกาะอยู่บนอนุภาค พบว่า ในช่วงขณะที่ติดไฟ (burning period) มีค่าความเข้มข้นรวมของสารประกอบพีเอเอช (Total PAHs) ทั้ง 21 ชนิด สูงกว่าช่วงที่ไฟดับ (nonburning period) ถึง ร้อยละ 58 และสารประกอบพีเอเอชกลุ่มที่พบมากที่สุด คือ กลุ่มที่มีน้ำหนักน้อย ซึ่งเป็นกลุ่มที่มีโครงสร้างโมเลกุลเป็นวงอะโรมาติก 2-3 วง (ได้แก่ Nap, Acy, Ace, Flu, Phe และ Anth) คิดเป็น ร้อยละ 93.4 และ 77.3 ของ total PAHs ที่เมือง Jhu-Shan และเมือง Sin Gang ตามลำดับ

2) <u>แหล่งกำเนิดแบบเคลื่อนที่</u> (Mobile Source)

แหล่งกำเนิดของสารประกอบพีเอเอชแบบเคลื่อนที่ที่สำคัญนั้นมาจากไอเสียรถยนต์ ซึ่งใช้น้ำมันดีเซลและน้ำมันเบนซินเป็นเชื้อเพลิง จากการศึกษาของ Lee et al. (1995) ซึ่งได้

วิเคราะห์หาความเข้มข้นของสารประกอบพีเอเอชในน้ำมันเชื้อเพลิง 5 ชนิด จากสถานีบริการน้ำมันในเมือง Tainan ของประเทศไต้หวัน ได้แก่ Premier gasoline, 92 unleaded gasoline, 95 unleaded gasoline, two stroke gasoline และน้ำมันดีเซล พบว่า น้ำมันเชื้อเพลิงทั้ง 5 ชนิดมี Nap, Acy และ Ace เป็นส่วนประกอบหลัก (ประมาณร้อยละ 40) และพบว่า Total PAHs ที่มาจากน้ำมันดีเซลมีปริมาณสูงถึง 7,341±1,491 mg/l โดยชนิดของสารประกอบพีเอเอชที่พบมากที่สุดคือ Acy, Ace, Flu, Phe, Anth, Fluor, Pyr, Chry, BaA, Cor และ BkF และผลจากการศึกษาสารประกอบพีเอเอชที่ปล่อยมาจากไอเสียรถยนต์ดีเซลและเบนซินพบ Ace, Fluor, Flu, Phe, Pyr, Chry และ BeP เป็นชนิดหลักของสารประกอบพีเอเอชที่มาจากรถยนต์ดีเซล ส่วน Flu, Chry, Ind, BghiP, Cyc และ Cor เป็นชนิดหลักของสารประกอบพีเอเอชที่มาจากรถยนต์เบนซิน (Yang et al., 1998; Kulkarni และ Venkataraman, 2000; Ho et al., 2002; Caricchia et al., 1999; Omar et al., 2002)

2.1.3 ผลกระทบต่อสุขภาพของสารประกอบพีเอเอช

2.1.3.1 การเป็นสารก่อมะเร็ง (Carcinogenicity)

สารประกอบพีเอเอชสามารถแบ่งได้เป็น 3 กลุ่ม ตามความสามารถในการก่อมะเร็ง คือ สารที่น่าจะก่อมะเร็งในคน สารที่อาจก่อมะเร็งในคน และสารที่ไม่ก่อมะเร็งในคน (International Agency for Research on Cancer [IARC], 1983) โดยการจัดกลุ่มดังกล่าวใช้ข้อมูลที่แสดงศักยภาพของการก่อมะเร็งในมนุษย์และสัตว์ทดลอง ดังแสดงในตารางที่ 2.1 ซึ่งเป็นที่น่าสังเกตว่าไม่มีสารประกอบพีเอเอชชนิดใดที่ IARC จัดเป็นสารก่อมะเร็งในคน แม้ว่าสารประกอบพีเอเอชหลายชนิดเป็นสารก่อมะเร็งในสัตว์ทดลอง และเป็นส่วนประกอบอยู่ในสารผสมที่ได้รับการยืนยันทางระบาดวิทยาแล้วว่าเป็นสาเหตุหรือมีส่วนทำให้เกิดมะเร็งในคน เช่น ควันบุหรี่ น้ำมันดิบ เขม่า จากเตาเผาถ่านหิน หรือจากท่อไอเสียรถยนต์ เนื่องจากเป็นการยากที่จะตรวจยืนยันปริมาณความเข้มข้นของสารประกอบพีเอเอชแต่ละชนิดที่มนุษย์ได้รับในสารผสมเหล่านี้ นอกจากนี้ยังมีสารก่อมะเร็งอื่นๆ ปะปนอยู่ในสารผสมดังกล่าวด้วย (กรมควบคุมมลพิษ, 2543)

2.1.3.2 การเป็นสารก่อการกลายพันธุ์ (Mutagenicity)

สารประกอบพีเอเอชที่เป็นสารก่อมะเร็งจะมีฤทธิ์เป็นสารก่อเกิดการกลายพันธุ์ด้วย โดยสารประกอบพีเอเอชบางชนิดเมื่อเข้าสู่ร่างกายจะถูกเมทตาโบไลท์โดยเอนไซม์ cytochrome P-450 ทำให้เกิดการเติมหมู่ไฮดรอกซี (-OH) ที่เป็นวงเบนซินได้เป็นสารอนุพันธุ์ epoxide ซึ่งเป็นสารที่ว่องไวมาก สามารถสร้างพันธะโควาเลนท์ได้ดีกับสารพวกโปรตีนและกรดนิวคลีอิก จาก

ศูนย์วิทยทรัพยากร จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การศึกษาตำแหน่งบนโครงสร้าง DNA พบว่าเบสและหมู่ฟอสเฟต เป็นตำแหน่งที่เกิดการสร้างพันธะโควาเลนท์กับสารก่อมะเร็ง (ไพลิน ใบผกา, 2546)

ตารางที่ 2.1 การแบ่งชนิดของสารประกอบพีเอเอชตามความสามารถในการก่อมะเร็ง

Group 2A	สารที่น่าจะก่อมะเร็งในคน (Probably carcinogenic to humans) มี 3 ชนิด	
	Benz(a)anthracene	Benzo(a)pyrene
	Dibenz(a,h)anthracene	
Group 2B	สารที่อาจก่อมะเร็งในคน (Possibly carcinogenic to humans) มี 11 ชนิด	
	Benzo(b)fluoranthene	Benzo(j)fluoranthene
	Benzo(k)fluoranthene	Dibenzo(a,e)pyrene
	Dibenzo(a,h)pyrene	Dibenzo(a,j)pyrene
	Dibenzo(a,l)pyrene	Dibenzo(a,j)acridine
	Dibenzo(a,h)acridine	Indeno(1,2,3-cd)pyrene
	Naphthalene	
Group 3	สารที่ไม่ก่อมะเร็งในคน (Unclassifiable as to carcinogenic to humans) มี 23 ชนิด	
	Anthracene	Benz(a)acridine
	Benz(c)acridine	Benzo(ghi)fluoranthenel
	Benzo(a)fluorine	Benzo(b)fluorine
	Benzo(c)fluorine	Benzo(g,h,i)perylene
	Benzo(c)phenanthrene	Benzo(e)pyrene
	Chrysene	Coronene
	Cyclopenta(c,d)pyrene	Dibenz(a,c)anthracene
	Dibenzo(a,j)anthracene	Dibenzo(a,e)fluoranthene
	Dibenzo(a,j)pentaphene	Fluoranthene
	Fluorene	Perylene
	Phenathrene	Pyrene
	Triphenylene	

หมายเหตุ : ดัดแปลงมาจากกรมควบคุมมลพิษ (2543)

ศูนย์วิทยทรัพยากร จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.1.3.3 **ความเป็นพิษต่อระบบประสาท** (Neurotoxicity)

ไม่พบรายงานความเป็นพิษต่อระบบประสาทจากการได้รับสารประกอบพีเอเอช ยกเว้น Nap ที่มีรายงานว่าทำให้เกิดอาการทางประสาทในเด็กทารกได้ เช่น มีอาการเซื่องซึม, การร้องไห้ลดลง และมีดีซ่านในสมอง (kernicterus) โดยอาการเหล่านี้เข้าใจว่าเกิดจากการขาดออกซิเจนในสมอง ซึ่งเป็นผลเกิดจากภาวะโลหิตจางที่เกิดจากเม็ดเลือดแตก (hemolytic anemia) (U.S.EPA, 1999)

2.1.4 การเกิดปฏิกิริยาของสารประกอบพีเอเอชในบรรยากาศ

ปริมาณและการกระจายตัวของสารประกอบพีเอเอชจะขึ้นกับความคงตัวของสารประกอบพีเอเอชนั้นๆในบรรยากาศด้วย เมื่อสารประกอบพีเอเอชถูกปล่อยจากแหล่งกำเนิดออกมาสู่บรรยากาศ จะเข้าสู่กระบวนการหลายอย่างซึ่งสามารถสรุปได้ดังนี้

-กระบวนการทางกายภาพ จากการตกกลับโดยมวลของอนุภาคตามแรงโน้มถ่วงของโลก (dry deposition) หรือถูกชะล้างด้วยน้ำฝน และอนุภาคน้ำ (wet deposition)

-การเคลื่อนย้าย และการเคลื่อนที่ด้วยการยกตัวของมวลอากาศ, การปั่นป่วน (turbulence) และการเคลื่อนที่เนื่องจากความแตกต่างของความร้อนในบรรยากาศ

-การย่อยสลาย (degradation) และการเกิดปฏิกิริยาย้อนกลับ (conversion) ด้วยกระบวนการทางเคมี หรือทำปฏิกิริยากับแสง

-การแลกเปลี่ยนสถานะระหว่างก๊าซ และที่ดูดซับอนุภาคเนื่องจากการเปลี่ยนสมดุลของสถานะ

2.1.4.1 **การย่อยสลายด้วยแสง** (Photodegradation)

กระบวนการย่อยสลายด้วยแสง เป็นกระบวนการสำคัญในการสลายตัวของสารประกอบพีเอเอชในบรรยากาศ โดยเป็นผลมาจากการกระตุ้นของแสงอาทิตย์ ซึ่งจะเกิดปฏิกิริยาได้ดีระหว่างเดือนที่มีอากาศร้อนเนื่องจากมีชั่วโมงที่มีแสงสว่างมากกว่าและมีความเข้มข้นของแสงมาก (Panther et al., 1999)

2.1.4.2 **การกลายเป็นไอ** (evaporation)

สารประกอบพีเอเอชเกือบทุกชนิดสามารถระเหยกลายเป็นไอได้น้อยมากที่อุณหภูมิห้อง เช่น BghiP ซึ่งมีค่าความดันไอเพียง 1.0×10^{-10} มิลลิเมตรปรอท ที่อุณหภูมิ 20 °C และ Nap ซึ่งระเหิดได้ที่อุณหภูมิห้อง มีค่าความดันไอเท่ากับ 1.0 มิลลิเมตรปรอท ที่อุณหภูมิ 53 °C เป็นต้น ดังนั้นอาจกล่าวได้ว่าการกลายเป็นไอของสารประกอบพีเอเอชที่อุณหภูมิห้องเกิดได้น้อยมาก จึงไม่เป็นวิธีสำคัญที่ทำให้เกิดการปนเปื้อนของสารประกอบพีเอเอชเข้าสู่สิ่งแวดล้อม (กรมควบคุมมลพิษ, 2543)

2.1.4.3 **การรวมตัวกับอนุภาคในบรรยากาศ**

สารประกอบพีเอเอชในบรรยากาศโดยทั่วไปมักพบได้ใน 2 สถานะ คือ สถานะแก๊ส และสถานะที่ดูดซับบนอนุภาคแขวนลอย (Particle-bound PAHs; pPAHs) จากการรายงานข้อมูลของ Chetwittayachan (2002) ระบุว่า สารประกอบพีเอเอชจะอยู่ในสถานะแก๊สที่อุณหภูมิสูงกว่า 150 °C และจะเกาะกับเถ้าลอยที่อุณหภูมิต่ำกว่านั้น และเมื่อศึกษาโครงสร้างแบบชั้น (Shell structure) จะพบสารประกอบพีเอเอชเกาะอยู่บนอนุภาคที่มีธาตุคาร์บอนเป็นองค์ประกอบหลัก และถูกปกคลุมด้วยสารในกลุ่ม High volatile ชนิดอื่นอีกชั้นหนึ่ง นอกจากนี้ Ventakaraman et al. (1999) ซึ่งศึกษาความสัมพันธ์ของสารประกอบพีเอเอชที่พบในเขตเมือง โดยได้จำแนกลักษณะของอนุภาคเป็น 3 แบบ คือ

1) สารประกอบพีเอเอชที่เกาะอยู่บนอนุภาคที่มีแกนเป็นธาตุคาร์บอน ซึ่งมีขนาดเล็กกว่า 0.1 µm

2) สารประกอบพีเอเอชที่เกาะอยู่บนอนุภาคขนาดเล็กหรืออาจดูดซับบนอนุภาคที่มีขนาดระหว่าง 0.1-2 µm ที่ถูกห่อหุ้มด้วยสารประกอบในกลุ่ม High volatility

3) สารประกอบพีเอเอชที่เข้าไปเกาะติดกับอนุภาคที่มีขนาดใหญ่ ซึ่งมีขนาดตั้งแต่ 2-10 µm

จากการศึกษาของ Guo et al. (2003) ซึ่งได้ทำการตรวจวัดสารประกอบพีเอเอชทั้ง 16 ชนิด ในฝุ่นละอองขนาด 2.5 ($PM_{2.5}$) และ 10 ไมครอน (PM_{10}) จากเขตพื้นที่การจราจรหนาแน่น และพื้นที่รวมของฮ่องกง พบว่า อัตราส่วนของสารประกอบพีเอเอชใน $PM_{2.5}/PM_{10}$ ในพื้นที่การจราจรหนาแน่น และพื้นที่รวม มีค่าเท่ากับ 0.76–0.84 และ 0.72–0.79 ตามลำดับ ซึ่งแสดงว่าสารประกอบพีเอเอชเกาะกับฝุ่นละอองที่มีขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอนมากกว่าฝุ่นที่มี

ขนาดตั้งแต่ 2.5–10 ไมครอน และทั้ง 2 พื้นที่พบ BbF, Pyr, Fluor และ Ind เป็นชนิดหลักของสารประกอบพีเอเอชใน $PM_{2.5}$ และ PM_{10} นอกจากนี้ Possanzini et al. (2004) ซึ่งได้ทำการตรวจวัดสารประกอบพีเอเอช 20 ชนิด ทั้งที่อยู่ในรูปของ pPAHs และ gas-PAHs ในบรรยากาศของกรุงโรม ประเทศอิตาลี โดยทำการเก็บตัวอย่างอากาศเป็นเวลานาน 6 ชั่วโมง ที่อัตราการไหล 6.0 l/min พบว่า สารประกอบพีเอเอชที่มีวงอะโรมาติกมากกว่า 4 วง จะปรากฏอยู่ในรูปที่เกาะกับอนุภาคฝุ่นละออง ส่วนสารประกอบพีเอเอชที่มีวงอะโรมาติก 2-3 วง นั้น พบในอยู่ในรูปของก๊าซ (มากกว่าร้อยละ 90) และจากการศึกษาของ Bi et al. (2005) ซึ่งศึกษาการกระจายตัวของสารประกอบพีเอเอชในฝุ่นละอองจากเขตเมืองและเขตชนบทของประเทศจีน โดยเก็บตัวอย่างอากาศด้วย Cascade impactor ที่อัตราการไหลของอากาศเท่ากับ 1.13 m^3/min และแบ่งขนาดของฝุ่นละอองเป็น 6 ขนาด คือ <0.49, 0.5-0.95, 0.95-1.5, 1.5-3.0, 3.0-7.2 และ 7.2-10 ไมครอน พบว่า ความเข้มข้นฝุ่นละอองในบรรยากาศของเขตเมืองและเขตชนบทเท่ากับ 129.9-362.7 $\mu g/m^3$ และ 175.9-201.1 $\mu g/m^3$ ตามลำดับ และในบริเวณพื้นที่ใกล้ถนนของเขตเมืองนั้นพบว่า ความเข้มข้นของ pPAHs มีค่าอยู่ระหว่าง 48.3-148.6 ng/m^3 ในฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 0.49 µm ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 62 ของ Total PAHs

2.1.5 ปัจจัยทางด้านอุตุนิยมวิทยาที่เกี่ยวข้องกับการกระจายตัวของสารประกอบพีเอเอชในบรรยากาศ

2.1.5.1 อุณหภูมิและฤดูกาล

อุณหภูมิเกี่ยวข้องกับการกระจายตัวของสารประกอบพีเอเอช โดยพบสารประกอบพีเอเอชมีปริมาณสูงเมื่ออุณหภูมิต่ำ เนื่องจากสารประกอบพีเอเอชจะเปลี่ยนสถานะจากที่เกาะบนอนุภาคฝุ่นละอองกลายเป็นแก๊สมากขึ้นเมื่ออุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้น ซึ่งจากการศึกษาของ Smith และ Herrison (1996) ได้ศึกษาสารประกอบพีเอเอชในบรรยากาศ 18 ชนิด ในฤดูหนาวและร้อนจาก Birmingham University ซึ่งเป็นเขตเมืองและ Wasthills house ซึ่งเป็นเขตชนบทของเมือง Birmingham ในประเทศอังกฤษ โดยเก็บฝุ่นละอองรวม (Total Suspended Particle; TSP) และตัวอย่างก๊าซ พบว่า pPAHs ในเขตเมืองมีความเข้มข้นมากกว่าเขตชนบทประมาณ 3.8 เท่า และ Total PAHs (pPAHs และ gas-PAHs) ในเขตเมืองมีค่ามากกว่าเขตชนบท 4.3 เท่า ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบผลการศึกษาในฤดูร้อนและหนาวพบว่า pPAHs และ gas-PAHs ในเขตเมืองของฤดูหนาวมีค่าความเข้มข้นสูงกว่าฤดูร้อน 4.9 เท่า และ 5.5 เท่า ตามลำดับ จากนั้น Fang et al. (2003) ซึ่งได้เก็บตัวอย่างฝุ่นละอองรวม (Total Suspended Particle; TSP) เป็นเวลา 48 ชั่วโมง แล้ววิเคราะห์หาสารประกอบพีเอเอชในฝุ่นละอองทั้งชนิด pPAHs และ gas-PAHs ในบริเวณ Taichung Industrial Park (TIP) ซึ่งเป็นเขตอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ และบริเวณ Tunghai

University Campus (THUC) ซึ่งเป็นเขตชานเมือง (sub-urban) ของประเทศไต้หวัน และวิเคราะห์ถึงปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยาที่เกี่ยวข้องกับการกระจายตัวของสารประกอบพีเอเอช โดยใช้ Pearson correlation matrix พบว่า ความเข้มข้นของสารประกอบพีเอเอชแปรผกผันกับอุณหภูมิ นอกจากนี้ Possanzini et al. (2004) ได้นำร้อยละของ gas-PAHs (ซึ่งพบมากกว่าร้อยละ 90 ของ Total PAHs) ในแต่ละชนิดมาเปรียบเทียบกัน 3 ฤดูกาล (ฤดูใบไม้ร่วง ฤดูหนาว และฤดูใบไม้ผลิ) พบว่า ส่วนใหญ่ Volatile-PAHs จะมีการกระจายตัวที่ไม่คงที่ในช่วงฤดูใบไม้ร่วง และฤดูใบไม้ผลิ สำหรับในฤดูหนาวพบ Pyr อยู่ในรูปก๊าซ (ร้อยละ 50) และพบร้อยละ 80 ในฤดูใบไม้ร่วงและฤดูใบไม้ผลิ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการกระจายตัวของ สารประกอบพีเอเอชในบรรยากาศขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ โดยถ้าอุณหภูมิสูงจะทำให้สารประกอบพีเอเอชเปลี่ยนไปอยู่ในรูปก๊าซได้มากขึ้น

2.1.5.2 **ความชื้นสัมพัทธ์**

ความชื้นสัมพัทธ์ หมายถึง อัตราส่วนระหว่างมวลไอน้ำที่มีอยู่จริงกับมวลไอน้ำอิ่มตัวในอากาศขณะนั้น ที่อุณหภูมิและปริมาตรเดียวกัน โดยคิดเป็นหน่วยร้อยละ ซึ่งการเปลี่ยนแปลงของความชื้นสัมพันธ์จะไม่ทำให้ปริมาณไอน้ำที่มีอยู่ในอากาศเปลี่ยนแปลงไป แต่หากอุณหภูมิเกิดการเปลี่ยนแปลง จะทำให้ความชื้นสัมพัทธ์เปลี่ยนไปด้วย โดยทั่วไปเมื่อมีแสงแดดในบรรยากาศมากขึ้น จะทำให้มีความชื้นสัมพัทธ์มากขึ้นด้วย เนื่องจากเมื่อแสงแดดมากขึ้นจะทำให้อุณหภูมิเพิ่มขึ้น หากอุณหภูมิสูงขึ้นจะทำให้ความชื้นสัมพัทธ์สูงขึ้นด้วย ซึ่งเมื่อความชื้นสัมพัทธ์สูงขึ้นจะทำให้ไอน้ำที่อนุภาคสารประกอบพีเอเอชเกาะอยู่มีขนาดโตขึ้น เนื่องจากในบรรยากาศมีปริมาณไอน้ำมาก ดังนั้น ความชื้นสัมพัทธ์จึงเกี่ยวข้องกับการเกิดปฏิกิริยาการย่อยสลายด้วยแสง โดยเมื่อแสงแดดมีความเข้มมากจะทำให้ความชื้นสัมพัทธ์สูง จึงทำให้อัตราการสลายตัวของสารประกอบพีเอเอชขึ้นกับไอน้ำที่เกาะบนฝุ่นละออง ซึ่งจากการศึกษาของ McDow et al. (1994) อ้างถึงใน เมธินี วรรณวิจิตร (2548) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการสลายตัวของสารประกอบพีเอเอชกับแสงแดดและความเข้มข้นของไอน้ำ (Water vapor concentration) โดยเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองบนกระดาษกรองชนิด Teflon coated glass fiber filter ที่อัตราการไหลของอากาศ 50 l/min ซึ่งศึกษาจากตัวอย่าง 3 ชนิด ได้แก่ ควันจากไม้ (Wood smoke) ของปล่องเตาผิงในบ้านเรือน, เขม่าควันจากการเผาไหม้น้ำมันดีเซล (diesel soot) และน้ำมันเบนซิน (gasoline power) จากรถยนต์ เป็นต้น พบว่า ความชื้นสัมพัทธ์มีความสัมพันธ์โดยตรงกับไอน้ำที่ถูกดูดซับบนฝุ่นละออง กล่าวคือ เมื่อน้ำหนักตัวอย่างฝุ่นละอองเพิ่มขึ้นจะทำให้ร้อยละของความชื้นสูงสัมพัทธ์ขึ้นด้วย ซึ่งตัวอย่างที่เก็บจากรถยนต์เบนซินและควันจากไม้มีน้ำหนักเพิ่มขึ้นมากกว่าตัวอย่างที่เก็บจากรถยนต์ดีเซล 3-5 เท่า ที่ความชื้นสัมพัทธ์เดียวกัน และยังพบว่าค่าประมาณของควันจากไม้ที่มีน้ำอยู่ต่ำสุดร้อยละ 5-10 ในฝุ่นละอองชนิดนี้ จะมีความชื้นสัมพัทธ์ที่ร้อยละ 90 ซึ่งจากหลักการดังกล่าวนี้ จึงทำการ

ทดลองการเกิดปฏิกิริยาย่อยสลายด้วยแสงของสารประกอบพีเอเอชในควันจากไม้ซึ่งมีส่วนผสมเป็นของเหลว (Liquid mixtures) กับส่วนของน้ำที่มีเปลี่ยนแปลงในช่วงร้อยละ 0-15 พบว่า อัตราการเกิดปฏิกิริยาย่อยสลายด้วยแสงของ BaA และ BkF ในสารละลายผสม methoxyphenol ที่มีน้ำร้อยละ 10 เกิดขึ้นมากกว่าอัตราการเกิดปฏิกิริยาย่อยสลายด้วยแสงในสารละลายผสม methoxyphenol ที่ไม่มีส่วนของน้ำ ซึ่งผลการทดลองนี้ชี้ให้เห็นว่าอัตราการเกิดปฏิกิริยาย่อยสลายด้วยแสงของสารประกอบพีเอเอชเพิ่มขึ้นเมื่อส่วนประกอบของน้ำมากขึ้นในชั้น Particle organic layer ในฝุ่นละออง

2.1.5.3 ความเร็วและทิศทางลม

ความเร็วของลมมีผลต่อความเข้มข้นของสารประกอบพีเอเอช ซึ่งเมื่อมีความเร็วลมสูงจะทำให้สารประกอบพีเอเอชเกิดการกระจายตัวได้ดี ทำให้มีความเข้มข้นลดต่ำลง และหากความเร็วลมต่ำจะทำให้ความเข้มข้นของมลพิษสูงขึ้น จากการศึกษาของ Chetwittayachan (2002) ซึ่งศึกษาความเข้มข้นของ pPAHs แล้วทำการประเมินค่าความเสี่ยงของ pPAHs ในอากาศมีผลกระทบต่อสุขภาพของมนุษย์ และได้ศึกษาถึงความเข้มข้นของ pPAHs กับปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยาที่เกี่ยวข้อง โดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ชนิด Multiple linear regression พบว่า ความเร็วลมเป็นตัวแปรสำคัญที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของ pPAHs โดยมีความสัมพันธ์แบบผกผันกัน (r = -0.44) Fang et al. (2003) ได้วิเคราะห์หาความเข้มข้นของ pPAHs และ gas-PAHs จากฝุ่นละออง TSP ในประเทศไต้หวัน แล้วยังวิเคราะห์ถึงปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยาที่เกี่ยวข้องโดยใช้ Pearson correlation matrix พบว่า ความเข้มข้นสารประกอบพีเอเอชมีความสัมพันธ์แบบแปรผกผันกับความเร็วลม ซึ่งพบว่า gas-PAHs, Total PAHs และ pPAHs มีค่าความสัมพันธ์ (Correlation coefficients; R) เท่ากับ -0.202, -0.227 และ -0.388 ตามลำดับ นอกจากนั้น Chaloulakou et al. (2003) ได้ตรวจวัดความเข้มข้นของ PM_{10}, $PM_{10-2.5}$ และ $PM_{2.5}$ กับปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยาจากกรุงเอเธนส์ ในประเทศกรีซ พบว่าฝุ่นละอองขนาด PM_{10}, $PM_{10-2.5}$ และ $PM_{2.5}$ มีความสัมพันธ์แบบผกผันกับความเร็วลมซึ่งมีค่า R = -0.43, -0.54 และ -0.19 ตามลำดับ และจากการผลศึกษาพบว่า ฝุ่นละอองขนาด PM_{10} และ $PM_{2.5}$ มีค่าสูงกว่า 120 $\mu g/m^3$ และ 60 $\mu g/m^3$ ตามลำดับ เนื่องจากความเร็วลมมีค่าต่ำกว่า 2 m/s

2.1.5.4 แสงแดด

แสงอาทิตย์มีความสัมพันธ์กับสารประกอบพีเอเอช เนื่องจากสารประกอบพีเอเอชนั้นสามารถเกิดปฏิกิริยาย่อยสลายด้วยแสงได้ ซึ่งสามารถเกิดจาก 2 กระบวนการหลัก คือกระบวนการ Photolysis ทางตรงจากแสงที่มีความยาวคลื่นน้อยกว่า 290 nm และกระบวนการ

Photolysis ทางอ้อมเนื่องจากสาร Oxidizing agent ในอากาศ เช่น OH, O_3 และ NO_3 โดยทั่วไปแล้ว กระบวนการ Photolysis ทางอ้อม หรือ Photooxidation เป็นกระบวนการที่สำคัญกว่ากระบวนการ Photolysis ทางตรง โดยสารประกอบพีเอเอชแต่ละชนิดที่ดูดซับบนเขม่าที่เกิดปฏิกิริยากับ NO_X พบว่ามีค่าครึ่งชีวิตของการสลายตัวตั้งแต่ 3.7–30 วัน และการสลายตัวของสารประกอบพีเอเอชจะช้าเมื่อมีแสงแดดร้อน นอกจากนี้ยังพบว่า สารประกอบพีเอเอชในควันจากไม้และจากเครื่องยนต์เบนซินไม่สลายตัว ในช่วงฤดูหนาวทางเหนือสุดและใต้สุดของเส้น latitudes 60^{o} เนื่องจากมีอุณหภูมิต่ำและมีความเกี่ยวข้องกับมุมของดวงอาทิตย์ด้วย โดยในช่วงฤดูร้อนซึ่งมีอุณหภูมิเฉลี่ยเพียง $20^{o}C$ และดวงอาทิตย์ทำมุมตั้งฉากกับพื้นที่ดังกล่าว จึงมีค่าครึ่งชีวิตของสารประกอบพีเอเอชแต่ละชนิดพียง 30–60 นาทีเท่านั้น (IPCS, 1998)

2.1.5.5 ความกดอากาศ

จากการศึกษาที่ผ่านมายังไม่พบความสัมพันธ์ที่ชัดเจนระหว่างความกดอากาศและสารประกอบพีเอเอช ดังเช่นการศึกษาของ Fang et al. (2003) ที่ได้วิเคราะห์หาสารประกอบพีเอเอชในฝุ่น TSP พร้อมวิเคราะห์ปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยาโดยใช้ Pearson correlation matrix ซึ่งไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างสารประกอบพีเอเอชและความกดอากาศ

2.2 ความสัมพันธ์ของสารประกอบพีเอเอชกับฝุ่นละออง

2.2.1 ความสัมพันธ์ของสารประกอบพีเอเอชกับฝุ่นละอองขนาดต่าง ๆ

จากการศึกษาของ ปาจรีย์ ทองสนิท (2545) ซึ่งทำการวิเคราะห์หา pPAHs ในประเทศไทย โดยเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองทั้งหมด 5 ขนาด คือ <0.95, 0.95-1.5, 1.5-3.0, 3.0-7.2 และ >7.2 ไมครอน พบสารประกอบพีเอเอชในฝุ่นละอองขนาด <0.95, 0.95-1.5, 1.5-3.0, 3.0-7.2 และ >7.2 ไมครอน คิดเป็นร้อยละ 48, 8, 10, 18 และ 16 ตามลำดับ นอกจากนั้น Schnelle et al. (1995) ได้ศึกษาการกระจายตัวของสารประกอบพีเอเอชในฝุ่นละอองในบรรยากาศภายนอกอาคาร โดยใช้เครื่อง High-volume air sampler ต่อกับ Andersen PM_{10} Sampler (HVS) ที่อัตราการไหลอากาศ 1.13 m^3/min ในเมือง Naila ทางใต้ของประเทศเยอรมันนี แล้วทำการวิเคราะห์หาสารประกอบพีเอเอชทั้ง 22 ชนิด ในฝุ่นละอองขนาดต่างๆ คือ <0.49, 0.49-0.95, 0.95-1.5, 1.5-3.0, 3.0-7.2 และ 7.2-10 ไมครอน พบว่า มีสารประกอบพีเอเอชมากกว่าร้อยละ 50 อยู่ในฝุ่นละอองขนาด <0.49 ไมครอน และมากกว่าร้อยละ 85 ของสารประกอบพีเอเอชอยู่ในฝุ่นขนาดเล็กกว่า 1.5 ไมครอน (นั่นคือผลรวมของฝุ่นละอองขนาด< 0.49, 0.49-0.95 และ 0.95-1.5 ไมครอน) และเมื่อขนาดของฝุ่นละอองใหญ่ขึ้นจะพบสารประกอบพีเอเอชชนิด Phe, Anth, Fluor และ Pyr จะมีความเข้มข้นสูงขึ้น แต่ Chry, BbF, BkF และ BaP จะมีความเข้มข้นลดลง

และจากผลการศึกษาของ สุธิชาน์ นิลฤทธิ์ (2548) ซึ่งศึกษาถึงตัวคูณการปลดปล่อยสารประกอบพีเอเอชจากรถยนต์ดีเซลขนาดเล็กและขนาดใหญ่ของประเทศไทย โดยทำการเก็บตัวอย่างอากาศจากท่อไอเสียของรถยนต์ทั้งสองประเภททั้งในรูปแก๊สและอนุภาคซึ่งมีขนาดระหว่าง 0.18-18 ไมครอน พบว่า กลุ่มรถยนต์ดีเซลขนาดใหญ่ (HDDV) สามารถปลดปล่อยฝุ่นละอองมากกว่ากลุ่มรถยนต์ดีเซลขนาด (LDDV) โดยกลุ่ม HDDV นั้นพบสารประกอบพีเอเอชกระจายตัวมากในฝุ่นละอองขนาด 0.1-1.0 และ 3.2-10 ไมครอน ส่วนกลุ่ม LDDV มีรูปแบบการกระจายตัวของสารสารประกอบพีเอเอชในฝุ่นละอองทุกชั้นใกล้เคียงกัน

2.2.2 ชนิดของสารประกอบพีเอเอชในฝุ่นละออง

ผลการศึกษาของ ปาจรีย์ ทองสนิท (2545) ซึ่งได้วิเคราะห์หา pPAHs ในฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน ในเขตกรุงเทพมหานคร ประเทศไทย โดยทำการเก็บตัวอย่างอากาศทั้งหมด 6 จุด ได้แก่ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์, ดินแดง, สำนักงานนโยบายและแผนสิ่งแวดล้อม, โรงเรียนสิงหราช และมหาวิทยาลัยกรุงเทพ พบว่า ค่าเฉลี่ยของความเข้มข้นรวมของสารประกอบพีเอเอชทั้ง 20 ชนิดจากฝุ่นในบรรยากาศทั่วไปมีค่าเท่ากับ 60 ng/m^3 โดยมีสารประกอบพีเอเอชชนิด BeP, Ind และ BghiP เป็นองค์ประกอบหลัก และพบว่าสารประกอบพีเอเอชมากกว่าร้อยละ 97 พบในฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 0.95 ไมครอน ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Garivait (1999) ที่พบว่า มีสารประกอบพีเอเอชชนิด Pyr, BaA, BeP, BkF, BaP และ BghiP อยู่ทั่วไปในบรรยากาศเขตเมืองของกรุงเทพมหานครนั้น โดยสารประกอบพีเอเอชที่มีวงอะโรมาติกตั้งแต่ 4 วงขึ้นไปนั้น ส่วนใหญ่จะเกาะอยู่กับอนุภาคฝุ่นละอองในบรรยากาศซึ่งพบ BaA และ BeP อยู่ในรูปฝุ่นละอองร้อยละ 77 ส่วน BaP, DBahA และ BghiP อยู่ในรูปฝุ่นละอองทั้งหมด นอกจากนี้ Bi et al. (2003) ซึ่งทำการศึกษาสารประกอบพีเอเอชในฝุ่นละอองและแก๊ส โดยทำการเก็บตัวอย่างจากเขต LiWan ซึ่งเป็นพื้นที่พักอาศัย, การค้าขาย, โรงเรียน และบริเวณที่มีการจราจรติดขัด ในเดือนเมษายนและกรกฎาคม ที่ระดับพื้นและที่ระดับสูงจากพื้นดิน 25 เมตร ด้วยเครื่อง High volume air sampler เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ที่อัตราการไหล 0.4-0.6 m^3/min แล้วนำฝุ่น TSP มาวิเคราะห์หาสารประกอบพีเอเอช 37 ชนิด พบว่า ที่ระดับพื้นและระดับความสูง 25 เมตรนั้น มีค่าความเข้มข้นรวมของสารประกอบพีเอเอชเท่ากับ 134.4-298.5 ng/m^3 โดยที่ระดับพื้นและที่ระดับความสูง 25 เมตรนั้นพบว่ามีสารประกอบพีเอเอชชนิด Phe, methylphenanthrene, Flu, Pyr, Chry, Ind และ BghiP ที่ร้อยละ 69 และร้อยละ 77 ตามลำดับ และยังพบว่าสารประกอบพีเอเอชที่เป็น Semi-volatile นั้นจะปรากฏอยู่ได้ทั้งในรูปของฝุ่นละอองและแก๊ส โดยขึ้นอยู่กับน้ำหนักโมเลกุลของสารประกอบพีเอเอชนั้นๆ ซึ่งสารประกอบพีเอเอชที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำจะปรากฏในรูปแก๊ส ได้แก่ Flu, Phe, Fluor และ Pyr (วงอะโรมาติก 3-4

วง) เป็นต้น ในขณะเดียวกันสารประกอบพีเอเอชที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูงตั้งแต่ชนิด Chry จนถึง Cor ยกเว้น Per (>252) จะอยู่ในรูปฝุ่นละออง

สำหรับชนิดของสารประกอบพีเอเอชในฝุ่นละอองที่มาจากแหล่งกำเนิดต่างๆ ในประเทศไทยนั้น จากการศึกษาของ สุธิชาน์ นิลฤทธิ์ (2548) พบว่า ชนิดของสารประกอบพีเอเอชในอนุภาคฝุ่นละอองที่ปล่อยออกมาจากรถยนต์ดีเซลขนาดเล็กและขนาดใหญ่ที่พบเป็นชนิดหลักได้แก่ Ant, Fluor, Pyr, BbF, BkF, BaP, BghiP, Ind และ DBahA และจากการศึกษาของ ปาจรีย์ ทองสนิท (2545) พบสารประกอบพีเอเอชที่มีมวลโมเลกุลเล็กในตัวอย่างฝุ่นที่ปล่อยออกมาจากรถยนต์ดีเซล สำหรับตัวอย่างรถยนต์เบนซินพบ BghiP เป็นองค์ประกอบหลัก และพบ BeP และ Pyr เป็นองค์ประกอบหลักของตัวอย่างฝุ่นละอองจากปล่องโรงงานอุตสาหกรรม ส่วนแหล่งกำเนิดของสารประกอบพีเอเอชที่ผ่านมาในต่างประเทศนั้น สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 ชนิดของสารประกอบพีเอเอชในฝุ่นละอองจากแหล่งกำเนิดต่างๆ

แหล่งกำเนิด	กิจกรรม	ชนิดของสารประกอบพีเอเอช
Stationary sources	Steel industry[a]	BaP, BaA, Per, BeP, Cor และ Cyc
	Cement[a]	Acy, Ace และ Anth
	Power plant[a]	Cyc และ DBahA
	Incineration[a, b]	Pyr, Flu, Ind และ Chry
Mobile sources	Diesel vehicle emission[a, b, c, d, f]	Acy, Flu, Fluor, Phe, Pyr, Chry, BeP, BbF และ BghiP
	Gasoline vehicle emission[a, b, c, d, e]	Flu, Chry, Ind, BghiP, Cyc และ Cor
Combustion sources	Roadside soil particles[e]	Phe, Fluor และ Pyr
	Incomplete combustion and pyrolysis of fuels[c]	Fluor, Pyr, Phe, BghiP และ Ind
	Combustion sources	Nap, Acy, Ace, Flu, Phe และ Anth
	Industrial oil burning[a, b]	Pyr, Chry, Flu, BaP และ Cyc
	Wood burning[b]	BaP และ Flu
	Coal combustion[b]	Phe, Flu และ Pyr

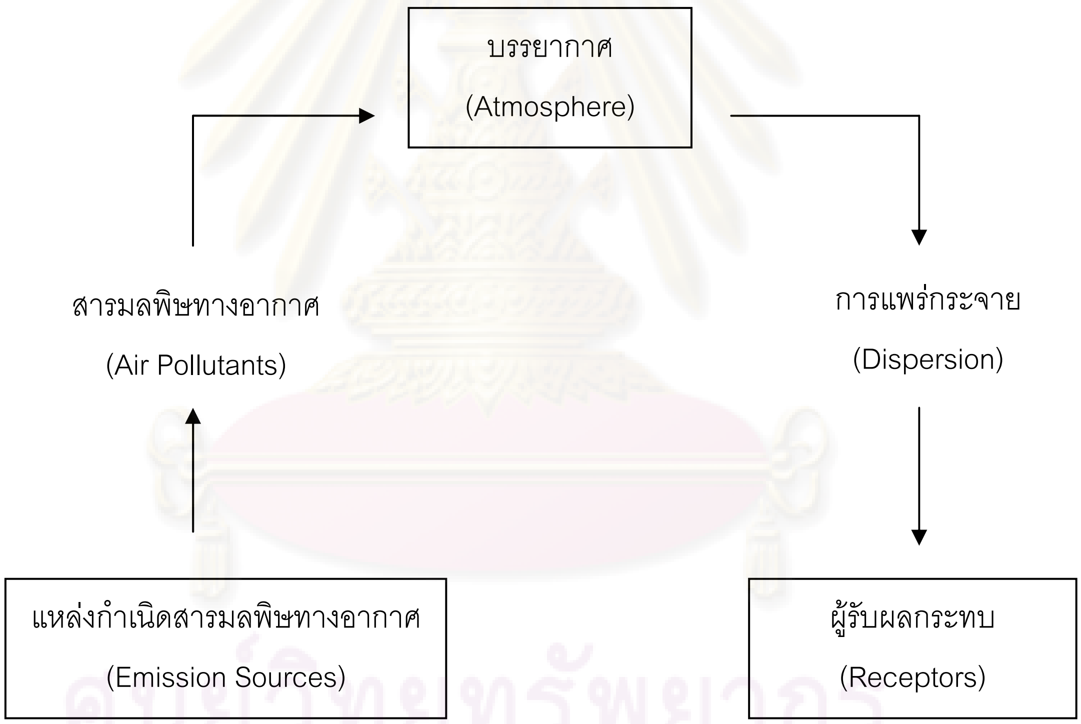
หมายเหตุ: a Yang et al., 1998 b Kulkarni และ Venkataraman, 2000
c Ho et al., 2002 d Caricchia et al., 1999
e Omar et al., 2002 f Oanh et al., 2000
g Park et al., 2002

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.3 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ด้านอากาศ

2.3.1 ระบบมลพิษทางอากาศ

มลพิษทางอากาศ (Air Pollution) หมายถึง ภาวะของอากาศที่มีสารเจือปนอยู่ในปริมาณที่มากพอ และเป็นระยะเวลานานพอที่จะทำให้เกิดผลเสียต่อสุขภาพอนามัยของมนุษย์, สัตย์, พืช และวัสดุต่างๆ ซึ่งสารดังกล่าวอาจเป็นธาตุหรือสารประกอบที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติหรือเกิดจากการกระทำของมนุษย์ โดยอาจอยู่ในรูปของแก๊ส, หยดของเหลว หรืออนุภาคของแข็งก็ได้ โดยชนิดของสารมลพิษทางอากาศที่สำคัญ คือ ฝุ่นละออง (SPM) ตะกั่ว (Pb) ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) ก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจน (NO_x) และก๊าซโอโซน (O_3) ซึ่งสารมลพิษเหล่านี้จะเกิดการเคลื่อนย้ายจากแหล่งกำเนิดไปเข้าสู่สิ่งแวดล้อมโดยอาศัยระบบมลพิษทางอากาศ (Air pollution System) ดังภาพที่ 2.2



ภาพที่ 2.2 ส่วนประกอบของระบบมลพิษทางอากาศ
(นพภาพร พานิช และแสงสันติ์ พานิช, 2544)

โดยทั่วไป ระบบมลพิษอากาศมีส่วนประกอบที่ความสัมพันธ์กัน 3 ส่วน คือ

(1) แหล่งกำเนิดมลพิษทางอากาศ (Emission Sources) เป็นส่วนที่ก่อให้เกิดสารมลพิษทางอากาศและระบายออกสู่บรรยากาศภายนอก โดยที่ชนิดและปริมาณของสารมลพิษ

อากาศที่ถูกระบายออกสู่บรรยากาศนั้นจะขึ้นอยู่กับประเภทและวิธีการควบคุมการระบายสารมลพิษอากาศของแหล่งกำเนิดสารมลพิษนั้นๆ

(2) อากาศหรือบรรยากาศ (Atmosphere) เป็นส่วนของระบบที่รองรับสารมลพิษทางอากาศที่ถูกระบายออกจากแหล่งกำเนิดต่างๆ และเป็นตัวกลาง (Medium) ให้สารมลพิษที่ถูกระบายออกสู่บรรยากาศนั้นมีการแพร่กระจายออกไป โดยมีปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยา เช่น อุณหภูมิของอากาศ ความเร็ว และทิศทางกระแสลม รวมทั้งลักษณะภูมิประเทศ เช่น ภูเขา หุบเขา และโครงสร้างของอาคารบ้านเรือน เป็นตัวกำหนดลักษณะการแพร่กระจายของสารมลพิษในอากาศอีกด้วย

(3) ผู้รับผลกระทบหรือผลเสีย (Receptors) เป็นส่วนของระบบที่สัมผัสกับสารมลพิษในอากาศ ซึ่งทำให้ได้รับความเสียหาย หรือเกิดอันตรายต่อสุขภาพขึ้น โดยผู้รับผลกระทบอาจเป็นสิ่งที่มีชีวิต เช่น คน, พืช และสัตว์ หรือเป็นสิ่งที่ไม่มีชีวิต เช่น เสื้อผ้า อาคารบ้านเรือน วัสดุและสิ่งก่อสร้างต่างๆ ส่วนความเสียหายหรือหรือผลกระทบที่เกิดขึ้นนั้นจะมีความรุนแรงมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของสารมลพิษในอากาศและระยะเวลาที่สัมผัสสารมลพิษนั้นๆ

จากส่วนประกอบของระบบมลพิษอากาศที่กล่าวมาแล้ว จะเห็นได้ว่าปริมาณและชนิดของสารมลพิษที่ถูกระบายออกจากแหล่งกำเนิด (Emissions) สภาวะทางอุตุนิยมวิทยา (Meteorology) และสภาพภูมิประเทศ (Topography) จะเป็นตัวกำหนดชนิด ปริมาณ และความเข้มข้นของสารมลพิษที่เจือปนอยู่ในอากาศที่อยู่ห่างไกลออกไป ส่วนคุณภาพอากาศจะเป็นตัวกำหนดถึงลักษณะและความรุนแรงของผลกระทบที่เกิดขึ้น (Air Pollution Effects) อีกทอดหนึ่ง

2.3.2 แบบจำลองกับงานทางด้านอากาศ

โดยทั่วไป การตรวจวัดสารมลพิษทางอากาศในบรรยากาศนั้นสามารถบอกได้เพียงข้อมูลของสารมลพิษที่มีอยู่ในบรรยากาศที่ช่วงเวลาและสถานที่นั้นๆ เท่านั้น เนื่องจากปฏิกิริยาต่างๆที่เกิดขึ้นในชั้นบรรยากาศของโลกนั้นมีลักษณะค่อนข้างซับซ้อน ซึ่งมีความเกี่ยวข้องกับกระบวนการเปลี่ยนแปลงทั้งทางฟิสิกส์และเคมีซึ่งเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว ดังนั้น ความเข้าใจในเรื่องของกระบวนการต่างๆ ของสารมลพิษทางอากาศจึงไม่สามารถนำมาประยุกต์ใช้ได้กับกระบวนการทั้งระบบที่เกิดขึ้นจริง จึงได้มีการจัดทำแบบจำลอง (Model) เพื่อความจำเป็นในการรวบรวมความเข้าใจในกระบวนการทางอากาศและศึกษาถึงปฏิกิริยาต่างๆที่เกิดซึ่งกันและกัน ซึ่งการนำความรู้ในด้านการตรวจวัดสารมลพิษมารวมกับการจัดทำแบบจำลองจึงจะเป็นวิธีการที่ทำให้เข้าใจถึงปฏิกิริยาต่างๆที่เกิดขึ้นภายในบรรยากาศของโลกต่อไป ซึ่งแบบจำลองที่สร้างขึ้นมา

เพื่อการทำนายผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นจากการประกอบกิจกรรมทางอุตสาหกรรมซึ่งเป็นแหล่งกำเนิดของสารมลพิษใดๆนั้น สามารถจำแนกได้เป็น 2 ประเภท คือ (พงศ์เศวต สุวรรณธานี, 2545)

2.3.2.1 แบบจำลองทางกายภาพ

เป็นการจำลองกระบวนการในบรรยากาศโดยใช้วิธีการจัดทำแบบจำลองขนาดเล็กจากระบบหรือสภาพของสถานที่แห่งนั้นจริงๆ ซึ่งจะทำการย่อส่วนให้มีอัตราส่วนอยู่ระหว่าง 1: 100 ถึง 1: 5000 โดยให้มีสภาพและสัดส่วนของระบบหรือสถานที่เหมือนความเป็นจริงมากที่สุด แล้วจึงทำการศึกษาถึงการแพร่กระจายของมลพิษในบรรยากาศจากแหล่งกำเนิด รวมทั้งผลกระทบต่อคุณภาพอากาศจากแหล่งกำเนิดนั้นๆด้วย โดยทำการศึกษาในอุโมงค์ลม (Wind tunnel) แล้วเก็บตัวอย่างในบรรยากาศตามจุดต่างๆที่สนใจภายในอุโมงค์ลมที่ดำเนินการศึกษา ซึ่งวิธีจะให้ผลที่ถูกต้องแน่นอนมากกว่าการใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งสำหรับในกรณีพื้นที่ที่เป็นที่ตั้งของแหล่งกำเนิดและพื้นที่โดยรอบมีสภาพภูมิประเทศที่สลับซับซ้อน เช่น เป็นภูเขาหรือหุบเขา แต่จะมีความยุ่งยาก ต้องเสียเวลาและค่าใช้จ่ายสูง

2.3.2.2 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์

แบบจำลองทางคณิตศาสตร์จัดเป็นวิธีหนึ่งที่สามารถใช้ในการคาดประมาณผลกระทบที่อาจจะเกิดขึ้นต่อคุณภาพอากาศจากสารมลพิษที่ระบายออกสู่บรรยากาศจากแหล่งกำเนิดประเภทต่างๆ แม้ว่าจะให้ผลการคาดประมาณที่มีความถูกต้องและแม่นยำน้อยกว่าการใช้แบบจำลองย่อส่วนทางกายภาพก็ตาม แต่จะมีความยุ่งยากซับซ้อนน้อยกว่า รวมทั้งเสียเวลาและค่าใช้จ่ายน้อยกว่าด้วย โดยสามารถให้ผลที่มีความถูกต้องพอควร ดังนั้นแบบจำลองทางคณิตศาสตร์จึงเป็นที่นิยมใช้กันทั่วไปในการประเมินผลกระทบที่อาจจะเกิดขึ้นต่อคุณภาพอากาศ ซึ่งสามารถจำแนกออกได้เป็น 2 ประเภท คือ

(1) แบบจำลองที่ใช้กระบวนการทางฟิสิกส์และเคมีเป็นหลัก หรือเรียกว่า Atmospheric Chemical Transport Model โดยแบบจำลองเหล่านี้จะเป็นแบบจำลองที่อ้างอิงจากแหล่งกำเนิด (Source-Based Model) ยกตัวอย่างเช่น Lagrangian Model, Eulerian Model และ Gaussian Plume Models เป็นต้น โดยใช้ความรู้เรื่องอัตราการปล่อยมลพิษ (Emission Rate) ของแหล่งกำเนิดและสภาวะอากาศมาใช้พยากรณ์ความเข้มข้นของสารมลพิษทางด้านท้ายลมที่เป็นแหล่งรับมลพิษ (Receptor) แต่จะมีจุดด้อยเนื่องจากข้อมูลที่ไม่มีความสมบูรณ์จากอัตรา

การปล่อยมลพิษ, สภาวะอากาศ, คุณสมบัติของสารมลพิษในอากาศแต่ละตัว, สมมุติฐานที่ไม่เน้นความต่างเรื่องเวลาและสถานที่ของแหล่งกำเนิด จึงอาจทำให้ทำนายไม่ถูกต้องได้

(2) แบบจำลองที่ใช้แนวคิดทางสถิติเป็นหลัก ซึ่งมีข้อดี คือ ง่ายต่อการประยุกต์ใช้ แต่อย่างไรก็ตามยังมีจุดอ่อนที่สำคัญอย่างหนึ่ง คือ ความน่าเชื่อถือของข้อมูล จึงทำให้แบบจำลองที่ใช้สถิติจะไม่สามารถใช้ทำนายผลกระทบที่เกิดจากการเปลี่ยนอัตราการปล่อยมลพิษ โดยแบบจำลองที่มีการใช้กันอยู่ก็คือแบบจำลองแหล่งรับ (Receptor Model) ซึ่งเป็นแบบจำลองที่อ้างอิงข้อมูลจากแหล่งรับ (Receptor-based Model) โดยจะทำการเก็บตัวอย่างอากาศที่แหล่งรับนั้นๆ โดยแยกสถานที่เก็บ, เวลาในการเก็บ, และชนิดของสารมลพิษที่สนใจ เพื่อใช้ในการหาแหล่งกำเนิด (Identify) และพยากรณ์สัดส่วน (Contribution) ของแหล่งกำเนิดต่างๆที่มายังแหล่งรับนั้น แล้วยังสามารถใช้ตรวจสอบความแม่นยำในการประเมินของแบบจำลองที่อ้างอิงจากแหล่งกำเนิดได้

2.3.3 แบบจำลองแหล่งรับ (Receptor Model)

แบบจำลองแหล่งรับเป็นแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ใช้สำหรับการทำนายแหล่งกำเนิดมลพิษทางอากาศต่างๆ ว่ามีส่วนร่วมในการทำให้เกิดมลพิษทางอากาศที่จุดหนึ่งๆ มากน้อยอย่างไร โดยใช้ข้อมูลลักษณะทางเคมีและกายภาพของแก๊สและอนุภาคจากการตรวจวัดที่จุดรับมลพิษ (Receptors) และแหล่งกำเนิดมลพิษ (Emission sources) ต่างๆ ที่คาดว่าน่าจะทำให้เกิดภาวะมลพิษที่จุดรับนั้นๆ ซึ่งข้อมูลเหล่านี้จะนำมาใช้ในการบ่งชี้ปริมาณการมีส่วนร่วมของแหล่งกำเนิดมลพิษแต่ละแหล่งที่ทำให้เกิดภาวะมลพิษที่จุดรับนั้นๆ ซึ่งแบบจำลองแหล่งรับสามารถแบ่งออกตามวิธีการวิเคราะห์โดยทั่วไปจะมีดังนี้

(1) Chemical Mass Balance Model (CMB) จะใช้สำหรับการจำแนกสัดส่วนแหล่งกำเนิด ซึ่งจะกล่าวโดยละเอียดในหัวข้อต่อไป

(2) Principal Component Analysis (PCA) เป็นหนึ่งในวิธี Factor analysis ซึ่งจะใช้สำหรับการแยกแยะแหล่งกำเนิดที่อาจจะไม่สามารถรู้หรือแหล่งกำเนิดที่อาจจะหายไปจากการวิเคราะห์ CMB แบบจำลองนี้เป็นแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ซับซ้อนและผลที่วิเคราะห์ออกมาได้นั้นสามารถตีความหมายได้ยาก

(3) Empirical Orthogonal Function (EOF) จะใช้สำหรับแยกแยะตำแหน่งและอิทธิพลจากแหล่งกำเนิดที่ปล่อยมลพิษ

ทั้งสามวิธีที่กล่าวมานี้ (CMB, PCAและ EOF) นิยมใช้ Chemical Mass Balance เป็นวิธีการหลักและเป็นจุดเริ่มต้นของแบบจำลองแหล่งรับ ส่วน Principal Component Analysis และ Empirical Orthogonal Function เป็นกระบวนการวิเคราะห์ที่ช่วยให้การทำ CMB ดียิ่งขึ้น โดยในงานวิจัยนี้จะศึกษาเฉพาะการจัดทำ Chemical Mass Balance เพียงอย่างเดียว

2.4 แบบจำลองดุลยภาพมวลเคมี (Chemical Mass Balance [CMB] Receptor Model)

แบบจำลองดุลยภาพมวลเคมีเป็นแบบจำลองจุดรับมลพิษทางอากาศขั้นพื้นฐาน ซึ่งพัฒนามาจากแบบจำลองจุดรับมลพิษทางอากาศชนิดการวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก (Principle Component Analysis; PCA) และสมการถดถอยพหุเชิงเส้นตรง (Multiple Linear Regression; MLR) ซึ่งจะใช้ข้อมูลความเข้มข้นจากการตรวจวัดได้ที่แหล่งกำเนิดต่างๆและที่แหล่งรับ และการใช้สมดุลทางมวลที่เหมาะสมมาหาสัดส่วนของแหล่งกำเนิดแต่ละแหล่งที่มีความสำคัญต่อแหล่งรับนั้นๆ ซึ่งสมการพื้นฐานของแบบจำลอง CMB สามารถแสดงได้ดังสมการที่ 2.1

$$C_i = F_{i1}S_1+F_{i2}S_2+\ldots+F_{ij}S_j+\ldots+F_{iJ}S_J \quad \text{โดย } i = 1,\ldots,I \text{ และ } j = 1,\ldots,J \qquad (2.1)$$

เมื่อกำหนดให้

C_i = ความเข้มข้นของสารมลพิษ i (i = 1, 2, 3,..., n) ซึ่งตรวจวัดที่แหล่งรับมลพิษ

F_{ij} = สัดส่วนของสารมลพิษ i ในปริมาณของสารมลพิษทั้งหมดที่ถูกปล่อยออกมาจากแหล่งกำเนิดมลพิษ j

S_j = สัดส่วนของสารมลพิษทั้งหมดที่ถูกปล่อยออกมาแหล่งกำเนิดมลพิษที่ j (j = 1, 2, 3,...,m) ที่จุดเก็บตัวอย่าง

จากสมการที่ 2.1 สามารถนำมาเขียนเป็นสมการทั่วไปของความเข้มข้นของสารมลพิษ i ได้ดังสมการที่ 2.2

$$C_i = \sum_{j=1}^{m} f_{ij}F_{ij}S_j + e_i \qquad \text{โดย } i = 1, 2, 3,\ldots, n \qquad (2.2)$$

เมื่อกำหนดให้

f_{ij} = สัมประสิทธิ์ที่แสดงถึงการเปลี่ยนแปลงต่างๆของสารมลพิษเนื่องจากกระบวนการในบรรยากาศ (เช่น การตกตะกอน) ระหว่างแหล่งกำเนิดกับแหล่งรับ

e = ค่าคงที่ในสมการ

โดยทั่วไปแล้ว f_{ij} จะสมมุติให้มีค่าเท่ากับ 1 ดังนั้นจึงจำเป็นต้องสมมุติให้ F_{ij} ไม่มีการเปลี่ยนแปลงโดยกระบวนการต่างๆ (ปฏิกิริยาการกำจัดหรืออื่นๆ) ที่เกิดขึ้นระหว่างการแพร่กระจายในบรรยากาศระหว่างแหล่งกำเนิดกับแหล่งรับ ในกรณีเราสามารถเขียนสมการที่ 2.2 ใหม่ได้ดังนี้

$$C_i = \sum_{j=1}^{m} F_{ij}S_j + e_i \qquad \text{โดย } i = 1, 2, 3, \ldots, n \qquad (2.3)$$

จากสมการที่ 2.3 ค่าความเข้มข้นของสารมลพิษแต่ละชนิดที่แหล่งรับจะเท่ากับผลบวกโดยตรงของการกระจายสารมลพิษทั้งหมดจากแต่ละแหล่งกำเนิดที่มาสู่แหล่งรับนั้น ซึ่งทำให้สามารถหาค่า S_j ซึ่งเป็นค่าที่ต้องการของแบบจำลอง CMB ออกมาได้ แต่ในการตรวจวัดสารมลพิษในบรรยากาศจะทำการตรวจวัดด้วยจำนวนตัวอย่างที่มาก เพราะฉะนั้น ในแต่ละวันก็จะมีการกระจายของแหล่งกำเนิดแต่ละแหล่งไม่เท่ากัน ทำให้มีความจำเป็นที่จะต้องเปลี่ยนรูปสมการที่ 2.3 ให้อยู่ในรูปทั่วไปสำหรับตัวอย่าง k จะได้เป็น

$$C_i = \sum_{j=1}^{m} F_{ij}S_{jk} + e_i \qquad \text{โดย } i = 1, 2, 3, \ldots, n \qquad (2.4)$$

เมื่อกำหนดให้

k = ลำดับที่ตัวอย่างของสารมลพิษจากการตรวจวัด

C_{ik} = ความเข้มข้นของสารมลพิษที่ i ของตัวอย่างที่ k

S_{jk} = สัดส่วนของสารมลพิษทั้งหมดที่ถูกปล่อยออกมาแหล่งกำเนิดมลพิษที่ j ของตัวอย่างที่ k ณ แหล่งรับ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ในการสร้างความสัมพันธ์ระหว่างแหล่งกำเนิดและแหล่งรับให้เป็นแบบจำลอง CMB นั้นจะนำสมการที่ 2.4 มาใช้ในการเริ่มต้นภายใต้สมมุติฐานที่ว่าสารมลพิษต่างๆ จะไม่มีการทำปฏิกิริยาในอากาศที่ทำการศึกษา

จากการพิจารณาทฤษฎีแบบจำลอง CMB ในเบื้องต้นแล้วนั้น วิธีกำลังสองน้อยที่สุด (Least Square Solution) จะเป็นวิธีการที่ใช้หาคำตอบของสมการที่ 2.4 ซึ่งเป็นกลุ่มสมการเส้นตรง โดยสมการเหล่านี้แสดงถึงค่าความเข้มข้นของสารมลพิษที่แหล่งรับในรูปผลรวมเชิงเส้นของสัดส่วนสารมลพิษจากแหล่งกำเนิดและการกระจายของแหล่งกำเนิด เพื่อที่จะหาค่าตัวแปร S_j หรือความเข้มข้นของสารมลพิษจากแหล่งกำเนิดนั้นๆ ซึ่งสัดส่วนของสารมลพิษจากแหล่งกำเนิดและค่าความเข้มข้นของสารมลพิษที่แหล่งรับ รวมทั้งค่าประมาณความไม่แน่นอน จะเป็นข้อมูลสำหรับแก้ปัญหาของแบบจำลองCMB โดยผลลัพธ์ที่ได้จะประกอบไปด้วยการประมาณสัดส่วนการกระจายของแหล่งกำเนิดแต่ละชนิดที่วัดได้ ณ แหล่งรับ ซึ่งแบบจำลอง CMB นั้นจะใช้ค่าความไม่แน่นอนมาชั่งน้ำหนักให้กับข้อมูลที่ใช้ในการแก้ปัญหาและประมาณค่าความไม่แน่นอนของสัดส่วนการกระจายของแหล่งกำเนิด (Motallebi, 1999 อ้างถึงใน พงศ์เศวต สุวรรณธานี, 2545)

2.4.1 สมมุติฐานของแบบจำลอง CMB ที่สำคัญ ได้แก่ (US EPA, 2004)

(1) ค่าความเข้มข้นของสารมลพิษจากแหล่งกำเนิดจะต้องมีค่าคงที่ตลอดระยะเวลาการเก็บตัวอย่างที่แหล่งกำเนิดและในบรรยากาศ

(2) สารมลพิษที่ปล่อยออกมาจากแหล่งกำเนิด ต้องไม่ทำปฏิกิริยาซึ่งกันและกัน

(3) แหล่งกำเนิดที่มีความสำคัญต่อแหล่งรับทุกแหล่งจะต้องนำมาร่วมพิจารณาด้วยและแต่ละแหล่งกำเนิดนั้นจะต้องมีสารมลพิษที่มีลักษณะเด่น

(4) สารมลพิษของแหล่งกำเนิดนั้นๆจะเป็นอิสระต่อกัน

(5) จำนวนของแหล่งกำเนิดที่นำมาวิเคราะห์จะต้องน้อยกว่าหรือเท่ากับจำนวนของชนิดสารมลพิษ

(6) ค่าความไม่แน่นอนของการตรวจวัดจะเป็นลักษณะสุ่ม ไม่มีสหสัมพันธ์ และมีการแจกแจงแบบปกติ (Normailty)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.4.2 ผลลัพธ์ของการประมาณสัดส่วนการกระจายของแหล่งกำเนิดและดรรชนีที่ใช้อธิบายแบบจำลอง CMB (Source Contribution Estimate; SCE and CMB Performance Measures)

ดัชนีที่ใช้อธิบายแบบจำลอง CMB นั้น จะใช้ในการประเมินความมีเหตุผล (Validity) ของผลลัพธ์การประมาณสัดส่วนการกระจายของแหล่งกำเนิด ซึ่งผลลัพธ์และดรรชนีที่ใช้อธิบายแบบจำลอง CMB มีดังนี้

(1) สัดส่วนการกระจายของแหล่งกำเนิด (Source Contribution Estimate; SCE)

เป็นผลลัพธ์หลักที่จะได้จากแบบจำลอง CMB ซึ่งค่านี้ควรจะมีค่ามากกว่าศูนย์แต่ไม่เกินความเข้มข้นของสารมลพิษ ในการคำนวณของแบบจำลอง CMB บางครั้ง จะมีการประมาณสัดส่วนการกระจายของแหล่งกำเนิดแต่ละชนิดที่เป็นลบ (Negative SCE) ซึ่งไม่มีความหมายในทางปฏิบัติ และสามารถที่จะเกิดขึ้นได้ เนื่องจากสัดส่วนของสารมลพิษจากแหล่งกำเนิดแต่ละแหล่งมีความคล้ายคลึงกันหรือเมื่อการกระจายของแหล่งกำเนิดมีค่าเข้าใกล้ศูนย์

(2) ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (Standard Error)

เป็นค่าที่แสดงถึงความแม่นยำของสัดส่วนการกระจายของแหล่งกำเนิด สัดส่วนของสารมลพิษจากแหล่งกำเนิด และความคล้ายคลึงกัน (Collinearity) ระหว่างความเข้มข้นของสารมลพิษจากแต่ละแหล่งกำเนิด (Profiles) ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานเป็นฟังก์ชันของค่าความไม่แน่นอนของข้อมูลที่ป้อนเข้าไปและความคล้ายคลึงกันของสัดส่วนสารมลพิษของแหล่งกำเนิด ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานควรมีค่าน้อยกว่าค่าสัดส่วนการกระจายของแหล่งกำเนิด

(3) T-Statistic (TSTAT)

เป็นอัตราส่วนระหว่างสัดส่วนการกระจายของแหล่งกำเนิด กับค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน โดยค่า TSTAT ที่มีค่าสูงกว่า 2.0 แสดงให้เห็นว่าความแม่นยำของการทำนายสัดส่วนการกระจายของแหล่งกำเนิดนั้นดีมาก แต่ถ้าค่า TSTAT มีค่าน้อยกว่า 2.0 แสดงให้เห็นว่าการกระจายของแหล่งกำเนิดจะไม่แสดงถึงระดับที่จะเกิน 2 เท่าของค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน สำหรับค่า TSTAT ที่ต่ำจะเป็นผลให้สัดส่วนการกระจายของแหล่งกำเนิดที่คำนวณได้มาจากแหล่งกำเนิดที่มีสารมลพิษคล้ายคลึงกัน

(4) Chi-Square และ R-Square

Chi-Square เป็นค่าที่ชั่งน้ำหนักของผลบวกกำลังสองของค่าแตกต่างระหว่างค่าความเข้มข้นของสารมลพิษที่ได้จากการคำนวณและได้จากการตรวจวัด การชั่งน้ำหนักจะแปรผกผันกับกำลังสองของค่าความไม่แน่นอนของสัดส่วนของสารมลพิษจากแหล่งกำเนิดและแหล่งรับสำหรับสารมลพิษแต่ละชนิด ในทางอุดมคติแล้ว ค่าที่ได้จากการคำนวณและที่ได้จากการตรวจวัดควรมีค่าไม่ความแตกต่างกันและ Chi-Square จะต้องมีค่าเท่ากับศูนย์ ถ้าค่า Chi-Square มีค่าน้อยกว่า 1 จะถือว่าข้อมูลที่ได้จากการตรวจวัดจะเข้าได้กับสมการที่สร้างมาเป็นตัวแทน ถ้าค่า Chi-Square อยู่ระหว่าง 1-2 ถือว่ายังยอมรับได้ แต่ถ้าค่า Chi-Square มีค่ามากกว่า 4 แสดงว่าจำนวนสารมลพิษหนึ่งชนิดหรือมากกว่านั้นไม่สามารถที่จะถูกอธิบายได้ดีโดยการประมาณสัดส่วนของแหล่งกำเนิด

R-Square เป็นค่าที่แสดงให้เห็นว่าสมการความเข้มข้นที่ได้จากการคำนวณอธิบายความเข้มข้นที่ได้จากการตรวจวัดที่แหล่งรับดีมากเท่าใด ค่า R-Square จะหาได้จากการคำนวณทางด้านความถดถอยเชิงเส้นของค่าความเข้มข้นที่ตรวจวัดได้กับค่าความเข้มข้นที่คำนวณได้จากแบบจำลอง CMB ซึ่งค่า R-Square จะมีค่าตั้งแต่ศูนย์ถึงหนึ่ง ค่า R-Square ที่ดีที่สุดคือ 1.0 คือยิ่งค่า R-Square เข้าใกล้ 1.0 มากเท่าใด การประมาณสัดส่วนการกระจายของแหล่งกำเนิดจากแบบจำลอง CMB ก็จะสามารถอธิบายการกระจายของแหล่งกำเนิดมาที่แหล่งรับในสภาพแวดล้อมจริงได้ดีเท่านั้น ถ้าค่า R-Square น้อยกว่า 0.8 จะถือว่าการประมาณสัดส่วนการกระจายของแหล่งกำเนิดไม่สามารถที่จะอธิบายข้อมูลได้ดีนักกับสัดส่วนของสารมลพิษจากแหล่งกำเนิดที่นำมาใช้ จึงมีความจำเป็นต้องเปลี่ยนสัดส่วนของสารมลพิษจากแหล่งกำเนิดนั้นๆ หรือเพิ่มสัดส่วนของสารมลพิษจากแหล่งกำเนิดที่ยังขาดอยู่

หากค่า Chi-Square และ R-Square ทั้งสองนี้ มีค่าไม่ถึงเป้าหมายที่ต้องการนั้น อาจจะเนื่องมาจากสาเหตุต่อไปนี้

- แหล่งกำเนิดที่นำมาใช้ในการคำนวณในแบบจำลอง CMB นั้นมีไม่พอ
- สัดส่วนของสารมลพิษจากแหล่งกำเนิดที่นำมาใช้นั้น ไม่ได้เป็นตัวแทนที่แท้จริงของแหล่งกำเนิดที่มีอยู่ในบริเวณนั้น
- ความแม่นยำของข้อมูลที่ตรวจวัดได้จากแหล่งรับและแหล่งกำเนิดมีค่าต่ำเกินไป
- ข้อมูลที่ได้จากแหล่งกำเนิดและแหล่งรับมีค่าไม่ถูกต้อง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

(5) Percent Mass

เป็นอัตราส่วนร้อยละของผลบวกของค่าความเข้มข้นสารมลพิษจากแหล่งกำเนิดต่างๆ กับค่าความเข้มข้นของสารมลพิษทั้งหมดที่ตรวจวัดได้จริง ค่านี้ควรที่จะเท่ากับร้อยละ 100 แม้ว่า Percent Mass จะมีค่าอยู่ระหว่างร้อยละ 80-120 ก็ถือว่ายอมรับได้

(6) Uncertainty/Similarity Cluster

ในส่วนนี้จะแสดงถึงผลของการวิเคราะห์เมื่อแหล่งกำเนิดมีความคล้ายคลึงกันในด้านของชนิดสารมลพิษ หมายความว่าถ้ามีรหัสของแหล่งกำเนิด (ซึ่งรหัสนี้เป็นตัวอักษรและตัวเลขที่ใช้แทนแหล่งกำเนิดแต่ละแหล่งในโปรแกรม CMB รุ่นที่ 8.2) แสดงอยู่ในส่วนนี้ จะทำให้การทำนายผลของแบบจำลอง CMB นั้นค่อนข้างที่จะเบี่ยงเบนออกจากความเป็นจริง ซึ่งส่วนใหญ่เหตุการณ์เหล่านี้จะเกิดขึ้นกับแหล่งกำเนิดที่มีสารมลพิษค่อนข้างใกล้เคียงกัน เช่น ฝุ่นละอองจากดิน การเผาไหม้ของชีวมวลและไอเสียจากยานพาหนะเป็นต้น เหตุผลอีกข้อหนึ่งที่มีรหัสของแหล่งกำเนิดปรากฏในส่วนนี้ก็คือ ค่าความไม่แน่นอนของการตรวจวัดหรือค่าความไม่แน่นอนของความเข้มข้นของสารมลพิษจากแหล่งกำเนิดนั้นสูงมาก

(7) Ratio R/U

เป็นอัตราส่วนระหว่างความแตกต่างระหว่างค่าความเข้มข้นของสารมลพิษที่คำนวณได้และตรวจวัดได้กับค่าความไม่แน่นอนของสารมลพิษชนิดนั้น ถ้าอัตราส่วนนี้มีค่าเกิน 2.0 แสดงว่า ในการคำนวณของโปแกรมแบบจำลอง CMB   จะเน้นไปที่สารมลพิษนั้นมากเกินไป แต่ถ้าอัตราส่วนนี้ต่ำกว่า -2.0 แสดงว่า สมการการกระจายแหล่งกำเนิดไปสู่สารมลพิษชนิดนั้นมีน้อยเกินไปหรือไม่ก็อาจจะขาดแหล่งกำเนิดที่สำคัญไป

(8) Ratio C/M

เป็นอัตราส่วนระหว่างค่าความเข้มข้นของสารมลพิษที่คำนวณได้กับค่าความเข้มข้นที่ตรวจวัดได้จริงในบรรยากาศ พร้อมกับการคำนวณค่า Standard Error ด้วย ค่าอัตราส่วนนี้ควรจะมีค่าใกล้เคียง 1.00 ถ้าแบบจำลองนี้คำนวณความถูกต้องได้ดีที่จะอธิบายความเข้มข้นที่ตรวจวัดได้

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Khalili, Scheff และ Holsen (1995) ได้ศึกษาถึงองค์ประกอบทางเคมีหรือลายนิ้วมือ (Source fingerprint) ที่เป็นแหล่งกำเนิดหลักของสารประกอบพีเอเอชในพื้นที่เมืองชิคาโก โดยทำการเก็บตัวอย่างสารประกอบพีเอเอชทั้งในรูปแก๊สและอนุภาคด้วยเครื่อง PS-1 Sampler ระหว่างปี 1990-1992 จากแหล่งกำเนิดต่างๆ 5 ชนิด คือ การอบถ่านโค้ก, การจราจรจากอุโมงค์ทางหลวง, การเผาไหม้จากเครื่องยนต์ดีเซล, การเผาไหม้จากเครื่องยนต์เบนซิน และการเผาไม้ ซึ่งผลจาการศึกษานั้นพบสารประกอบพีเอเอชชนิด 2 และ 3 วง คิดเป็นร้อยละ 98, 76, 92, 73 และ 80 ของความเข้มข้นรวมสารประกอบพีเอเอชทั้ง 20 ชนิดจากการอบถ่านโค้ก การเผาไหม้จากเครื่องยนต์ดีเซล การจราจรจากอุโมงค์ทางหลวง การเผาไหม้จากเครื่องยนต์เบนซิน และการเผาไม้ตามลำดับ ส่วนสารประกอบพีเอเอชชนิด 6 วง เช่น Ind และ BghiP นั้น ส่วนใหญ่ถูกพบว่ามีค่าน้อยกว่าค่า LOD และจะถูกพบจากแหล่งกำเนิดจากอุโมงค์ทางหลวง การเผาไหม้จากเครื่องยนต์ดีเซล และการเผาไหม้จากเครื่องยนต์เบนซินเท่านั้น ซึ่งเมื่อนำสารประกอบพีเอเอชชนิดต่างๆมาเทียบลายนิ้วมือจากแหล่งกำเนิดต่างๆ นั้น พบว่า สารประกอบพีเอเอชชนิด Nap, Acy, Flu, Phe, Pyr และ Ace เป็นองค์ประกอบหลักจากแหล่งกำเนิดประเภทเคลื่อนที่ได้ พบสารประกอบพีเอเอชชนิด Nap, Acy, Phe, Flu, Ant และ Fluor เป็นองค์ประกอบหลักจากการอบถ่านโค้ก และพบสารประกอบพีเอเอชชนิด Acy, Nap, Ant, Phe, BaP และ BeP เป็นองค์ประกอบหลักจากการเผาไม้ พร้อมทั้งได้เสนอแนะว่าสามารถนำลายนิ้วมือดังกล่าวนี้ไปใช้ในการทำนายแหล่งกำเนิดของสารประกอบพีเอเอชด้วยแบบจำลองดุลยภาพมวลเคมี (CMB) ต่อไป

Simcik, Eisenreich และ Lioy. (1999) ได้ทำการเก็บตัวอย่างอากาศ ตัวอย่างตะกอน และตัวอย่างน้ำในบริเวณทะเลสาบมิชิแกนระหว่างปี 1994-1995 แล้วทำการวิเคราะห์หาสารประกอบพีเอเอชทั้งที่อยู่ในรูปก๊าซและอนุภาค แล้วนำข้อมูลที่ได้มาทดสอบด้วยแบบจำลอง Factor analysis-multiple regression (FA-MR) เพื่อจำแนกสัดส่วนแหล่งกำเนิดของสารประกอบพีเอเอชในบรรยากาศ ซึ่งผลจากแบบจำลองนั้น พบว่า ร้อยละ 48±5, 26±2, 14±3 และร้อยละ 9±4 ของความเข้มข้นรวมของสารประกอบพีเอเอชเกิดจากการเผาไหม้ถ่านหิน การเผาไหม้แก๊สธรรมชาติ การอบถ่านโค้ก และการเผาไหม้เชื้อเพลิงจากยานพาหนะ (เบนซินและดีเซล) ตามลำดับ

Garivait (1999) ได้ศึกษาเกี่ยวกับการประมาณสัดส่วนแหล่งกำเนิดของสารประกอบพีเอเอชในพื้นที่กรุงเทพมหานคร ซึ่งทำการเก็บตัวอย่างอากาศทั้งในรูปแก๊สและอนุภาคฝุ่นละอองพร้อมทั้งแยกขนาดของฝุ่นละอองออกเป็น 8 ขนาดย่อย แล้ววิเคราะห์หาสารประกอบพีเอเอช 9

ชนิด ได้แก่ Pyr, BaA, BeP, Dibenz(a,c)anthracene; DBacA, BkF, BaP, DBahA, BghiP และ Trimethylcholanthrene; 3MC จากจุดเก็บตัวอย่างทั้งหมด 4 จุด ได้แก่ สำนักงานนโยบายและแผนสิ่งแวดล้อม (OEPP), กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม (MOSTE), ไปรษณีย์ราชบูรณะ (RATB) และศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อม (ERTC) โดยทำการเก็บตัวอย่างต่อเนื่อง 24 ชั่วโมง ระหว่างวันที่ 23-29 พฤษภาคม 1996 พบว่า ปริมาณความเข้มข้นเฉลี่ยรวมของสารประกอบพีเอเอชจากบริเวณ MOSTE, RATB, OEPP และ ERTC มีค่าเท่ากับ 43.0, 28.8, 19.4 และ 14.7 ng/m^3 ตามลำดับ และมีสารประกอบพีเอเอชชนิด Pyr, BaA, BeP, BkF, BaP และ BghiP เป็นองค์ประกอบทั่วไปในบรรยากาศของเขตเมือง โดยมักพบสารประกอบพีเอเอชชนิด Pyr, BeP และ BaA ในรูปแก๊สคิดเป็นร้อยละ 80, 40 และ 24 ตามลำดับ เมื่อวิเคราะห์สัดส่วนแหล่งกำเนิดของสารประกอบพีเอเอชโดยใช้แบบจำลอง Factor Analysis-Multiple Regression (FA-MR) พบว่า แหล่งกำเนิดหลักของสารประกอบพีเอเอชมาจากการฟุ้งกระจายของฝุ่นดิน ซึ่งคิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 51 รองลงมาได้แก่ ไอเสียจากยานพาหนะ การเผาไหม้ขยะและชีวมวล มลพิษทุติยภูมิ ไอเสียจากอุตสาหกรรมและละอองไอจากทะเล และมวลที่ไม่สามารถอธิบายได้ ซึ่งคิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 18, 11, 6, 4 และ 10 ตามลำดับ

ปาจรีย์ ทองสนิท (2545) ได้ทำการเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองที่มีขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน (PM_{10}) โดยใช้เครื่องเก็บตัวอย่างฝุ่น High Volume จาก 6 จุดเก็บตัวอย่างในเขตกรุงเทพมหานคร ได้แก่ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ ดินแดง สำนักงานนโยบายและแผนสิ่งแวดล้อม โรงเรียนสิงหราช และมหาวิทยาลัยกรุงเทพ ระหว่างเดือนพฤศจิกายน 2542 ถึง เดือนพฤศจิกายน 2543 เฉพาะที่จุดเก็บตัวอย่างจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยนั้นเก็บตัวอย่างฝุ่นทั้งที่มีขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน และแยกขนาด 5 ขนาด อีกทั้งเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองจากไอเสียรถยนต์ประเภทต่างๆ, จากปล่องโรงงานอุตสาหกรรม และฝุ่นบนผิวถนน พบว่าค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมงของฝุ่น PM_{10} ในบรรยากาศทั่วไปมีค่าระหว่าง 23 ถึง 160 $\mu g/m^3$ ที่จุดเก็บตัวอย่างมหาวิทยาลัยกรุงเทพ และโรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ตามลำดับ ซึ่งมีผลมาจากการเปลี่ยนแปลงของฤดูกาลและปริมาณรถยนต์ นอกจากนี้ยังพบว่า ค่าเฉลี่ยรวมของสารประกอบพีเอเอชทั้ง 20 ชนิด จากฝุ่นละอองในบรรยากาศทั่วไป มีค่าเท่ากับ 60 ng/m^3 และพบ BeP, Ind และ BghiP เป็นองค์ประกอบหลัก และมากกว่าร้อยละ 97 ของความเข้มข้นรวมของสารประกอบพีเอเอชพบในฝุ่นขนาดเล็กกว่า 0.95 ไมครอน สำหรับในตัวอย่างฝุ่นจากรถยนต์ดีเซลพบสารประกอบพีเอเอชที่มีโมเลกุลเล็ก ส่วนตัวอย่างจากรถยนต์เบนซินมีสารประกอบพีเอเอชชนิด BghiP เป็นองค์ประกอบหลัก และพบ BeP และ Pyr เป็นองค์ประกอบหลักจากปล่องโรงงานอุตสาหกรรม

และเมื่อนำผลการวิเคราะห์ฝุ่นจากบรรยากาศไปเปรียบเทียบกับตัวอย่างจากแหล่งกำเนิดนั้น พบว่า แหล่งกำเนิดหลักของสารประกอบพีเอเอชในเขตกรุงเทพมหานคร คือ ไอเสียรถยนต์

Fon, Noriatsu และ Hiroshi (2007) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับสารประกอบพีเอเอชในอนุภาคอากาศของเมืองฮิโรชิมา ประเทศญี่ปุ่น พร้อมทั้งศึกษาถึงลักษณะทางอุตุนิยมวิทยาและการเปลี่ยนแปลงของฤดูกาลที่เกี่ยวข้องกับการกระจายตัวของสารประกอบพีเอเอช โดยทำการเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองด้วยเครื่อง High volume เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ระหว่างเดือนมิถุนายน 2000 ถึงเดือนพฤษภาคม 2001 พบว่า ความเข้มข้นรวมของสารประกอบพีเอเอชทั้ง 13 ชนิดมีค่าระหว่าง 11.8–157.5 μg/g ฝุ่นละออง โดยมีค่าความเข้มข้นรวมเฉลี่ยเท่ากับ 63.4 μg/g ฝุ่นละออง นอกจากนี้ยังพบว่าความเข้มข้นของสารประกอบพีเอเอชในอนุภาคอากาศกับอุณหภูมิโดยรอบมีความสัมพันธ์กันในเชิงบวก แต่มีความเกี่ยวพันกันเพียงเล็กน้อยกับพลังงานรังสีจากแสงอาทิตย์และการเปลี่ยนแปลงของฤดูกาลมีผลต่อความเข้มข้นของสารประกอบพีเอเอช โดยพบว่าสารประกอบพีเอเอชจะมีค่าความเข้มข้นสูงในฤดูหนาวและลดต่ำลงในช่วงฤดูร้อน ทั้งนี้เมื่อทำการศึกษาการจำแนกและบ่งชี้แหล่งกำเนิดที่เป็นไปได้ของสารประกอบพีเอเอชด้วยวิธี Principle component analysis (PCA) และวิธีการวิเคราะห์อัตราส่วนของโมเลกุล (molecular diagnostic ratio) พบว่า แหล่งกำเนิดหลักของสารประกอบพีเอเอชในเมืองฮิโรชิมาได้แก่ ไอเสียที่ปล่อยออกจากยานพาหนะ ถึงแม้ว่าจะมีแหล่งกำเนิดอื่นๆ มาเกี่ยวข้องบ้างก็ตาม (ภาพที่ 2.3)

ภาพที่ 2.3 สัดส่วนแหล่งกำเนิดของสารประกอบพีเอเอชในอนุภาคอากาศของเมืองฮิโรชิมา ประเทศญี่ปุ่น (ดัดแปลงจาก Fon, Noriatsu และ Hiroshi, 2007)

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 พื้นที่ทำการศึกษา

การวิเคราะห์หาความเข้มข้นของสารประกอบพีเอเอชในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ ได้แบ่งการศึกษาออกเป็น 2 ส่วนที่สำคัญ คือ ศึกษาสารประกอบพีเอเอชที่ปล่อยออกมาจากปล่องของโรงไฟฟ้า และพื้นที่โดยรอบโรงไฟฟ้าเพื่อศึกษาสารประกอบพีเอเอชที่ปนเปื้อนในบรรยากาศทั่วไป ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

3.1.1 การศึกษาสารประกอบพีเอเอชที่ปล่อยออกมาจากปล่องโรงไฟฟ้า

พื้นที่ที่ทำการศึกษาวิจัยนี้ ได้ทำการเก็บตัวอย่างอากาศจากปล่องของโรงไฟฟ้าแห่งหนึ่งทางภาคตะวันตกของประเทศไทย ซึ่งคาดว่าน่าจะจัดเป็นแหล่งกำเนิดประเภทหนึ่งของสารประกอบพีเอเอชที่อาจแพร่กระจายไปยังจุดเก็บตัวอย่างในบรรยากาศทั่วไปได้ โรงไฟฟ้าแห่งนี้มีการใช้เชื้อเพลิงในกระบวนการผลิตไฟฟ้า 3 ประเภท คือ ก๊าซธรรมชาติ น้ำมันดีเซล และน้ำมันเตา โดยโรงไฟฟ้าพลังความร้อนร่วม (Combined cycle power plant) จะใช้ก๊าซธรรมชาติเป็นเชื้อเพลิงหลัก และใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิงสำรองหรือใช้ในช่วงการเริ่มเดินเครื่อง (Start up) เท่านั้น สำหรับโรงไฟฟ้าพลังความร้อน (Thermal power plant) จะใช้ก๊าซธรรมชาติเป็นเชื้อเพลิงหลัก และน้ำมันเตาเป็นเชื้อเพลิงสำรอง นอกจากนี้ยังมีการใช้น้ำมันดีเซลบ้างเฉพาะในช่วงการเริ่มเดินเครื่อง (Start up) เท่านั้น

สำหรับการเก็บตัวอย่างอากาศจากปล่องของโรงไฟฟ้าเพื่อวิเคราะห์หาสารประกอบพีเอเอชนั้น จะดำเนินการเก็บตัวอย่างสารประกอบพีเอเอชเฉพาะที่เกาะบนอนุภาคแขวนลอย (pPAHs) เท่านั้น โดยทำการเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองรวม (TSP) ที่ระบายจากปล่องของโรงไฟฟ้าทั้งหมด 8 ปล่อง นั่นคือ จากปล่อง 2 ปล่องของโรงไฟฟ้าพลังความร้อน 2 หน่วย (หน่วยละ 1 ปล่อง) ในวันที่ 8 พฤษภาคม 2549 (ภาพที่ 3.1)และอีก 6 ปล่องของโรงไฟฟ้าพลังความร้อนร่วม 3 หน่วย (หน่วยละ 2 ปล่อง) ซึ่งดำเนินการเก็บตัวอย่างจากโรงไฟฟ้าพลังความร้อนร่วมหน่วยที่ 1 (จำนวน 2 ปล่อง) ในวันที่ 9 พฤษภาคม 2549 ส่วนโรงไฟฟ้าพลังความร้อนร่วมหน่วยที่ 2 และ 3 ดำเนินเก็บตัวอย่างในวันที่ 15 และ 19 พฤษภาคม 2549 ตามลำดับ (ภาพที่ 3.2-3.3) ทั้งนี้ วิธีการ

ชักตัวอย่างอากาศจากปล่องและวิเคราะห์ได้ใช้วิธีการที่ 5 (Method 5) (US EPA, 1992 อ้างถึงใน กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2547) เป็นหลัก

ภาพที่ 3.1 การเก็บตัวอย่างอากาศจากปล่องของโรงไฟฟ้า

ภาพที่ 3.2 การติดตั้งอุปกรณ์ชักตัวอย่าง

ภาพที่ 3.3 กระดาษกรองที่ใช้เก็บตัวอย่างฝุ่น TSP

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

นอกจากนี้ ยังได้ดำเนินการเก็บตัวอย่างน้ำมันเชื้อเพลิงของโรงไฟฟ้าเพื่อตรวจหาสารประกอบพีเอเอชที่เป็นองค์ประกอบในน้ำมันชนิดนั้นๆ ซึ่งในการเก็บตัวอย่างน้ำมันได้ใช้อุปกรณ์ชักตัวอย่างน้ำมันของโรงไฟฟ้า (ภาพที่ 3.4) ทำการชักตัวอย่างน้ำมันเตา (ภาพที่ 3.5) ในวันที่ 11 เมษายน 2549 จากทุกถังที่มีน้ำมัน (จำนวน 3 ถัง) ตัวอย่างละประมาณ 300 มิลลิลิตร. แล้วเทรวมเป็นตัวอย่างเดียว และทำเช่นเดียวกันในการชักตัวอย่างน้ำมันดีเซล (ภาพที่ 3.6) ใน

วันที่ 8 พฤษภาคม 2549 จากทุกถังที่มีน้ำมัน (จำนวน 2 ถัง) จากนั้นจึงนำไปวิเคราะห์หาสารประกอบพีเอเอชทั้ง 16 ชนิด โดยกระบวนการทางเคมีต่อไป

ภาพที่ 3.4 อุปกรณ์ชักตัวอย่างน้ำมัน

ภาพที่ 3.5 การเก็บตัวอย่างน้ำมันเตา

ภาพที่ 3.6 การเก็บตัวอย่างน้ำมันดีเซล

3.1.2 การศึกษาสารประกอบพีเอเอชที่ปนเปื้อนในบรรยากาศทั่วไป

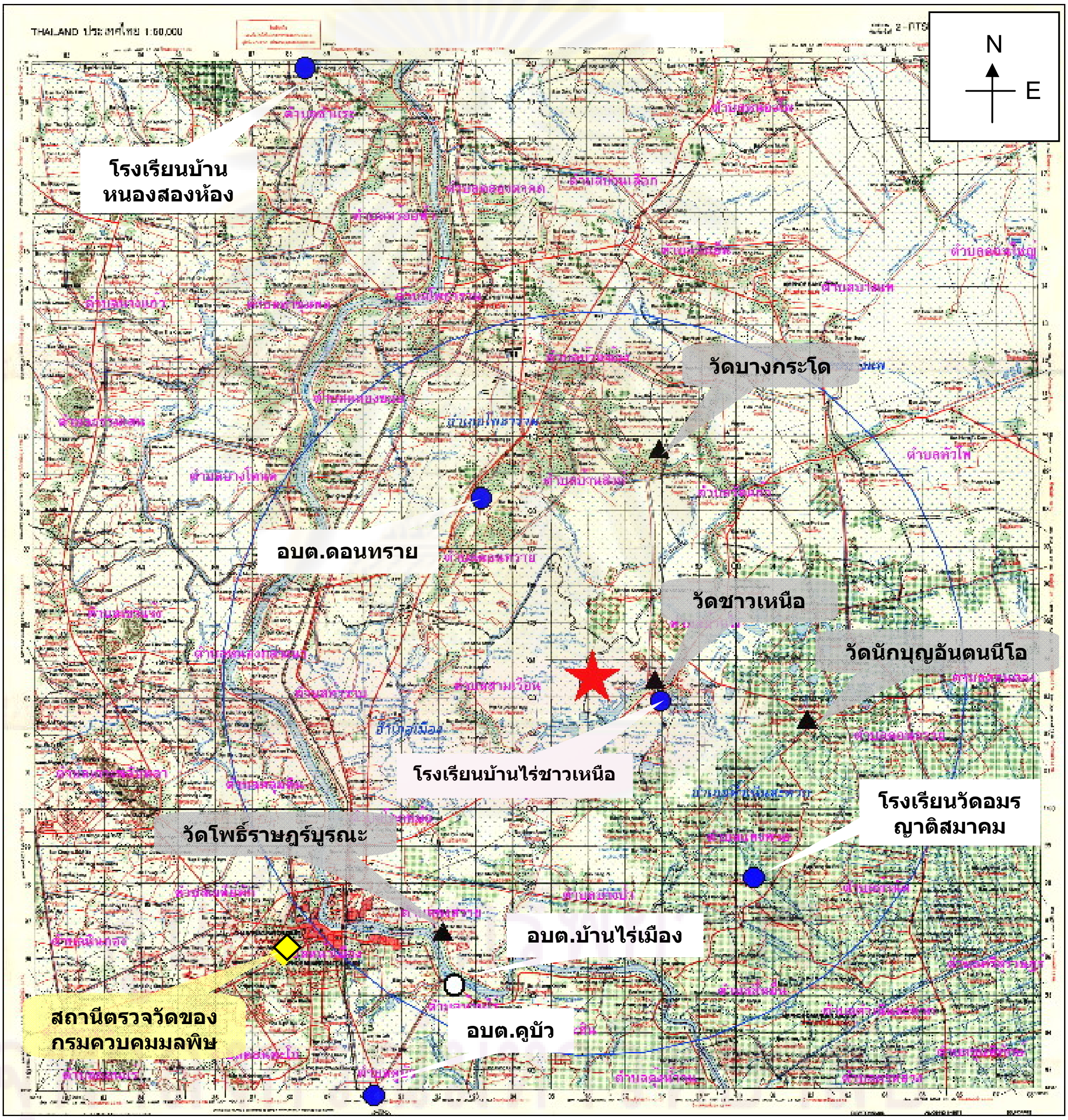
แบ่งเป็น 2 ส่วนย่อย คือ

3.1.2.1 การศึกษาสารประกอบพีเอเอชจากพื้นที่โดยรอบโรงไฟฟ้า

การศึกษาครั้งนี้ ได้ทำการเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน (PM_{10}) ในรัศมี 20 กิโลเมตร รอบโรงไฟฟ้า ซึ่งใช้ผลจากการทำนายจุดตกรับ (Fallout) ของสารมลพิษจาก

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปล่องของโรงไฟฟ้าโดยใช้แบบจำลอง ISCST3 ซึ่งมีพื้นที่ศึกษาทั้งหมด 5 แห่ง (มหาวิทยาลัยราชภัฏหมู่บ้านจอมบึง, 2549) ดังภาพที่ 3.7-3.8 โดยทำการเก็บตัวอย่างอากาศต่อเนื่อง 24 ชั่วโมง เดือนละ 1 ครั้ง ระหว่างเดือนมกราคม-กรกฎาคม 2549 ซึ่งสามารถแบ่งการเก็บตัวอย่างเป็น 2 ฤดู คือ ฤดูแล้ง (เดือนมกราคม-พฤษภาคม พ.ศ. 2549) และฤดูฝน (เดือนมิถุนายน-กรกฎาคม พ.ศ. 2549)



★ พื้นที่โรงไฟฟ้า ● จุดเก็บตัวอย่าง PM_{10} ▲ สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศของโรงไฟฟ้า

○ จุดเก็บตัวอย่าง อบต.บ้านไร่เมือง (ยกเลิกหลังจากตรวจวัดได้ 3 ครั้ง เนื่องจากมีการก่อสร้าง)

◇ สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศของกรมควบคุมมลพิษ

ภาพที่ 3.7 ตำแหน่งจุดตรวจวัดสารประกอบพีเอเอชในบรรยากาศ

จุดที่ 1 โรงเรียนบ้านหนองสองห้อง

จุดที่ 2 อบต.ดอนทราย

จุดที่ 3 โรงเรียนบ้านไร่ชาวเหนือ

จุดที่ 4 อบต.บ้านไร่เมือง

จุดที่ 4 อบต.คูบัว (แทน อบต.บ้านไร่เมือง)

จุดที่ 5 โรงเรียนวัดอมรญาติสมาคม

ภาพที่ 3.8 บริเวณจุดตรวจวัดสารประกอบพีเอเอชในบรรยากาศทั้ง 5 จุด

3.1.2.2 การศึกษาสารประกอบพีเอเอชจากสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศแบบต่อเนื่องของโรงไฟฟ้า

รวบรวมข้อมูลและตัวอย่างฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน (PM_{10}) จากสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศของโรงไฟฟ้า ซึ่งได้รายงานค่าความเข้มข้นของฝุ่น PM_{10} เป็นรายชั่วโมง โดยสถานีตรวจวัดอากาศดังกล่าวตั้งอยู่โดยรอบโรงไฟฟ้าทั้ง 4 แห่ง ซึ่งได้แก่ วัดนักบุญอันตนนีโอ วัดบางกระโด วัดโพธิ์ราษฎร์บูรณะ และวัดชาวเหนือ โดยได้เก็บรวบรวมข้อมูลการตรวจวัดและตัวอย่างในวันที่ 24-25 มีนาคม 2549 และวันที่ 6-7 พฤษภาคม 2549 ซึ่งจัดอยู่ในช่วงฤดูแล้ง (มกราคม-พฤษภาคม พ.ศ. 2549) (ภาพที่ 3.7)

3.2 วัสดุอุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาวิจัย

3.2.1 วัสดุอุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บตัวอย่างอากาศ

ในการเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน จากบริเวณพื้นที่โดยรอบโรงไฟฟ้าทั้ง 5 จุดนั้น มีเครื่องมือและวัสดุอุปกรณ์ที่สำคัญ ดังนี้

1) เครื่องเก็บตัวอย่างชนิดแรงดูดสูง (High Volume Air Sampler) ที่มีหัวคัดแยกฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน (PM_{10} Tisch Model TE 6001)

2) กระดาษกรองใยแก้ว (Glass fibre filter) ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.3 ไมครอน

3) เครื่องปรับเทียบ (Calibrate) อัตราการไหลของอากาศ (Flow rate) Orifice Calibration Unit

4) ถุงพลาสติกที่ปิดสนิท (Zip lock)

5) อะลูมิเนียมฟลอยด์ (Aluminum foil)

6) คีมคีบปากแบน (Forceps) ชนิดเคลือบด้วยเทฟลอน

3.2.2 วัสดุอุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์ตัวอย่าง

การวิเคราะห์ตัวอย่างในการศึกษาครั้งนี้ สามารถแบ่งเป็น 2 ส่วนย่อย คือ

3.2.2.1 วัสดุอุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์ความเข้มข้นฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน

1) เครื่องชั่งน้ำหนักความละเอียดทศนิยม 5 ตำแหน่ง

2) โถดูดความชื้น (Dessicator) ที่บรรจุซิลิกาเจล

3) คีมคีบปากแบน (Forceps) ชนิดเคลือบด้วยเทฟลอน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4) ถุงมือชนิดไม่มีแป้งฝุ่น (Antistatic glove)

5) ถุงพลาสติกที่ปิดสนิท (Zip lock)

6) อะลูมิเนียมฟลอยด์ (Aluminum foil)

3.2.2.2 วัสดุอุปกรณ์ สารเคมี และเครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์หาสารประกอบพีเอเอช ด้วยวิธีการทางเคมี (ภาพที่ 3.9)

1) สารละลายมาตรฐานผสมของสารประกอบพีเอเอช 16 ชนิด (TCL Polynuclear Aromatic Hydrocarbon mix) ผลิตโดยบริษัท Supelco ประเทศสหรัฐอเมริกา ซึ่งประกอบด้วย Nap, Acy, Ace, Flu, Phe, Anth, Fluor, Pyr, BaA, Chry, BbF, BkF, BaP, DBahA, Ind และ BghiP

2) สาร Semi-volatile Internal Standard mix ผลิตโดยบริษัท Supelco ประเทศสหรัฐอเมริกา ซึ่งประกอบด้วย Naphthalene-d8, Acenaphthene-d10, Phenanthrene-d10, Phenanthrene-d10, Crysene-d12, Perylene-d12 และ 1,4-dichlorobenzene-d4

3) สารตัวทำละลายไดคลอโรมีเทน (Dichloromethane, DCM (CH_2Cl_2) เกรดสำหรับการวิเคราะห์ ผลิตโดยบริษัท Labscan Asia Co., Ltd

4) เครื่องแก้ว (ขวด, flask, บีกเกอร์)

5) เครื่องแยกสาร Sonopuls Ultrasonic Homogenizer รุ่น UW 2070 ของบริษัท Bandelin electronic

6) ขวด vial ขนาด 2 ml

7) Insert vial ขนาด 200 µl

8) ฝาปิด screw cap vial และ แผ่น septa ชนิด PTFE

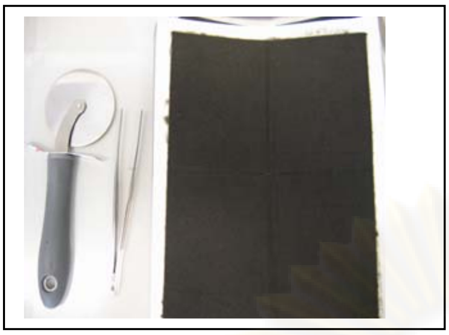
9) ก๊าซไนโตรเจนสำหรับระเหยสารละลาย

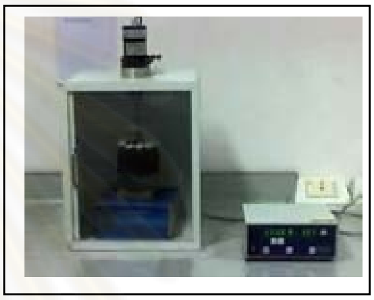
10) ไมโครปิเปต ขนาด 1000 µl

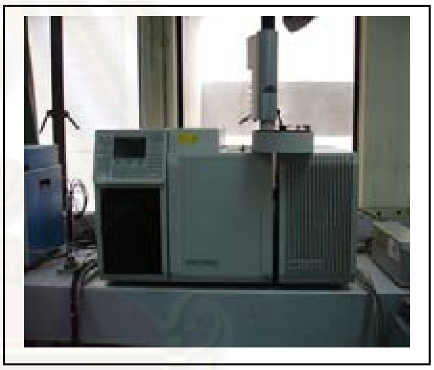
11) Glass syring และ PTFE filter disc สำหรับกรองสารละลาย

12) ที่ตัดพิซซ่า สำหรับใช้ตัดกระดาษกรอง

13) เครื่อง Gas Chromatography ต่อกับ Mass Spectrometer (GC/MS) ซึ่งประกอบด้วยเครื่อง GC รุ่น CP-3800 ของบริษัท Varian มีชุดใส่ตัวอย่างแบบอัตโนมัติ (auto sampler) รุ่น CP-8400 และ MS รุ่น Saturn 2200







1	2
3	4
5	6

1. ที่ตัดพิซซ่าและกระดาษกรองตัวอย่าง
2. ขวด vial ขนาด 2.0 ml และ Insert vial ขนาด 200 µl
3. เครื่องแก้ว, Glass syring และไมโครปิเปต
4. เครื่อง Sonopuls Ultrasonic Homogenizer
5. ส่วนระเหยสารละลายด้วยแก๊สไนโตรเจน
6. เครื่อง GC/MS

ภาพที่ 3.9 วัสดุอุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์หาสารประกอบพีเอเอช

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.3 วิธีดำเนินการศึกษา

3.3.1 การเตรียมการศึกษา

รวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องทั้งในประเทศและต่างประเทศ เช่น ข้อมูลเกี่ยวกับสารประกอบพีเอเอชที่เกาะบนอนุภาคฝุ่นละออง แหล่งกำเนิดต่างๆของสารประกอบพีเอเอช การคาดการณ์แหล่งกำเนิดของสารประกอบพีเอเอชในบรรยากาศทั่วไป รวมทั้งงานวิจัยต่างๆที่เกี่ยวข้อง เป็นต้น

3.3.2 การเตรียมการเก็บตัวอย่าง

3.3.2.1 การเตรียมชุดอุปกรณ์เก็บตัวอย่างฝุ่นละออง

เตรียมชุดอุปกรณ์เก็บตัวอย่างฝุ่นละอองในบรรยากาศ โดยใช้เครื่องเก็บตัวอย่างชนิดแรงดูดสูง (High Volume Air Sampler) ที่มีหัวคัดแยกฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน (PM_{10} Tisch Model TE 6001) โดยผ่านขั้นตอนการทำความสะอาด จากนั้นทำการปรับเทียบ (Calibate) อัตราการไหลของอากาศ (Flow rate) ก่อนเก็บตัวอย่างโดยปรับให้อัตราการไหลของอากาศมีค่าเท่ากับ 1.13 m^3/min ± 10% (1.017–1.243 m^3/min) ด้วย Orifice Calibration Unit

3.3.2.2 การเตรียมกระดาษกรอง

เตรียมกระดาษกรองใยแก้ว (Glass fiber filter) ขนาด 8x10 นิ้ว ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.3 ไมครอน เพื่อใช้ในการเก็บตัวอย่างฝุ่นละออง ซึ่งมีขั้นตอนการปรับสภาพกระดาษกรอง โดยนำไปอบที่อุณหภูมิ 103-105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง จากนั้นนำกระดาษกรองไปใส่ในโถดูดความชื้น (Desiccator) ที่มีซิลิกาเจล (Siliga gel) บรรจุอยู่ เป็นเวลาอย่างน้อย 24 ชั่วโมง แล้วชั่งน้ำหนักกระดาษกรองก่อนเก็บตัวอย่างด้วยเครื่องชั่งน้ำหนักที่มีความละเอียดทศนิยม 5 ตำแหน่ง จากนั้นเก็บรักษากระดาษกรองในถุงพลาสติกที่ปิดสนิท (Zip lock) โดยเก็บกระดาษกรอง 1 แผ่นต่อ 1 ถุง เพื่อป้องกันการปนเปื้อนก่อนดำเนินการเก็บตัวอย่างฝุ่นละออง

3.3.3 การดำเนินการเก็บตัวอย่าง

ดำเนินการเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองตามพื้นที่ศึกษาที่กำหนดไว้ในข้างต้น ซึ่งในแต่ละพื้นที่ศึกษาจะติดตั้งอุปกรณ์เก็บตัวอย่างต่อเนื่อง 24 ชั่วโมง เป็นเวลา 1 วัน ทั้งนี้รายละเอียดของขั้นตอนการดำเนินการเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองมีดังต่อไปนี้

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1) ติดตั้งเครื่องเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนให้เรียบร้อย โดยให้ช่องเก็บตัวอย่างอยู่สูง 1.5-6.0 เมตรจากระดับพื้น รวมทั้งต้องตั้งเครื่องในบริเวณที่เป็นพื้นที่โล่งไม่มีสิ่งกีดขวางในรัศมี 10 เมตร และไม่อยู่ใกล้แหล่งกำเนิดฝุ่นละอองอื่นๆ

2) นำกระดาษกรองที่เก็บรักษาในถุงพลาสติกที่ปิดสนิทมาใส่ไว้ในส่วนรองกระดาษกรอง โดยใช้คีมคีบปากแบนคีบ

3) ตั้งเวลาในการเก็บตัวอย่างเป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นเปิดสวิตซ์ให้เครื่องทำงาน และตรวจสอบอัตราการไหลของอากาศในเบื้องต้น

4) หลังเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน นำกระดาษกรองตัวอย่างเก็บใส่ในถุงพลาสติกเดิม ห่อด้วยอะลูมิเนียมฟลอยด์เพื่อป้องกันการสลายตัวด้วยแสง แล้วแช่เย็นเพื่อป้องกันการระเหยของสารตัวอย่าง จากนั้นนำกระดาษกรองมาทำการปรับสภาพกระดาษกรองเช่นเดียวกับก่อนเก็บตัวอย่าง เป็นเวลาอย่างน้อย 24 ชั่วโมง ชั่งน้ำหนักกระดาษกรอง เพื่อหาน้ำหนักฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนที่เก็บได้ จากนั้นห่อกระดาษกรองตัวอย่างด้วยอะลูมิเนียมฟลอยด์ เก็บตัวอย่างกระดาษกรองไว้ในถุงพลาสติกปิดสนิท แล้วเก็บรักษาตัวอย่างในเครื่องทำความเย็นที่อุณหภูมิต่ำกว่า 0 องศาเซลเซียส ก่อนทำการสกัดสารประกอบพีเอเอชด้วยวิธีทางเคมีต่อไป

3.3.4 การวิเคราะห์ตัวอย่าง

3.3.4.1 การวิเคราะห์ความเข้มข้นฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน

นำกระดาษกรองตัวอย่างจากพื้นที่ศึกษาทั้ง 5 แห่ง มาวิเคราะห์หาความเข้มข้นฝุ่นละอองด้วยวิธีชั่งน้ำหนัก (Gravimetric method) ซึ่งเป็นวิธีที่นิยมใช้ในการหามวลของกระดาษกรองในห้องปฏิบัติการ โดยทำการคำนวณหามวลสุทธิจากการชั่งน้ำหนักของกระดาษกรองก่อนเก็บตัวอย่างและหลังเก็บตัวอย่าง ด้วยเครื่องชั่งน้ำหนักที่มีความละเอียดทศนิยม 5 ตำแหน่ง ซึ่งการหาปริมาณฝุ่นละอองด้วยวิธีชั่งน้ำหนักนั้นจำเป็นต้องมีการปรับสภาพกระดาษกรองทั้งก่อนเก็บตัวอย่างและหลังเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองเป็นเวลาอย่างน้อย 24 ชั่วโมง โดยความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน สามารถคำนวณได้ดังนี้

$$PM_{10} = \frac{(A-B) \times 10^6}{V} \tag{3.1}$$

เมื่อกำหนดให้ PM_{10} = ความเข้มข้นฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนในบรรยากาศ ($\mu g/m^3$)

A = น้ำหนักกระดาษกรองหลังเก็บตัวอย่าง (กรัม; g)

B = น้ำหนักกระดาษกรองก่อนเก็บตัวอย่าง (g)

V = ปริมาตรอากาศทั้งหมด (ลูกบาศก์เมตร; m^3)

3.3.4.2 การวิเคราะห์ตัวอย่างต่างๆที่เกี่ยวข้อง เพื่อหาชนิดและความเข้มข้นของสารประกอบพีเอเอชในขั้นตอนต่อไป ซึ่งได้แก่

1) รวบรวมตัวอย่างฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนจากสถานีตรวจวัดของโรงไฟฟ้า โดยมีจำนวนตัวอย่างรวม 24 ตัวอย่าง

2) รวบรวมตัวอย่างฝุ่นละอองรวมที่ปล่อยออกมาจากปล่องของโรงไฟฟ้า โดยมีจำนวนตัวอย่างรวม 8 ตัวอย่าง

3) รวบรวมตัวอย่างสารประกอบพีเอเอชที่สกัดจากน้ำมันเตา น้ำมันดีเซล และตัวอย่างดินใกล้เคียงโรงไฟฟ้า รวมทั้งสิ้น 3 ตัวอย่าง โดยตัวอย่างดังกล่าวทำการสกัดสารประกอบพีเอเอชด้วยเครื่อง Microwave Digestion จากมหาวิทยาลัยราชภัฏหมู่บ้านจอมบึง ซึ่งมีวิธีการสกัดสาร ดังนี้ เริ่มจากการชั่งตัวอย่าง (น้ำมันเตา น้ำมันดีเซล และตัวอย่างดิน) ประมาณ 10 มิลลิกรัม แล้วใส่ลงใน Teflon vessel เติม Internal Standard Mix ที่มีความเข้มข้น 400 ng/ml ปริมาตร 1 ml แล้วเติมตัวทำละลายผสมระหว่าง Hexane:Dichloromethane ในอัตราส่วน 3:1 ปริมาตร 15 ml จากนั้น นำตัวอย่างที่เตรียมไว้ไปทำการย่อยโดยเครื่อง Microwave Digestion ซึ่งกำหนดให้มีสภาวะการทำงานของเครื่อง คือ อุณหภูมิในการสกัด 120 °C ระยะเวลาในการสกัด 10 นาที และมีกำลังในการสกัด (Power) 100 % หรือ 650 watt เมื่อครบกำหนดเวลา 10 นาทีแล้วทิ้งให้ Teflon vessel เย็นจนถึงอุณหภูมิห้อง จากนั้นกรองตัวอย่างผ่าน syringe filter PTFE ขนาด 0.45 μm ลงในขวดสีชาขนาด 40 ml แล้วนำตัวอย่างไประเหยให้แห้งด้วยเครื่อง Nitrogen Evaporator จนเหลือปริมาตรประมาณ 1 ml จึงดูดสารละลายด้วยไมโครปิเปตใส่ในขวด vial สีชาขนาด 2 ml และนำสารละลายไปทำให้แห้งด้วยก๊าซไนโตรเจน 99.95% จากนั้น นำไปเก็บไว้ที่อุณหภูมิต่ำในตู้เย็น และก่อนฉีดเข้าเครื่อง GC/MS นำมาปรับปริมาตรเป็น 1 ml ด้วยตัวทำละลาย dichloromethane (DCM)

3.3.4.3 การวิเคราะห์ตัวอย่างทางเคมี เพื่อหาชนิดและความเข้มข้นของสารประกอบพีเอเอช โดยใช้เครื่อง GC/MS มีลำดับขั้นตอนดังต่อไปนี้

1) การทำกราฟมาตรฐาน (Standard Curve)

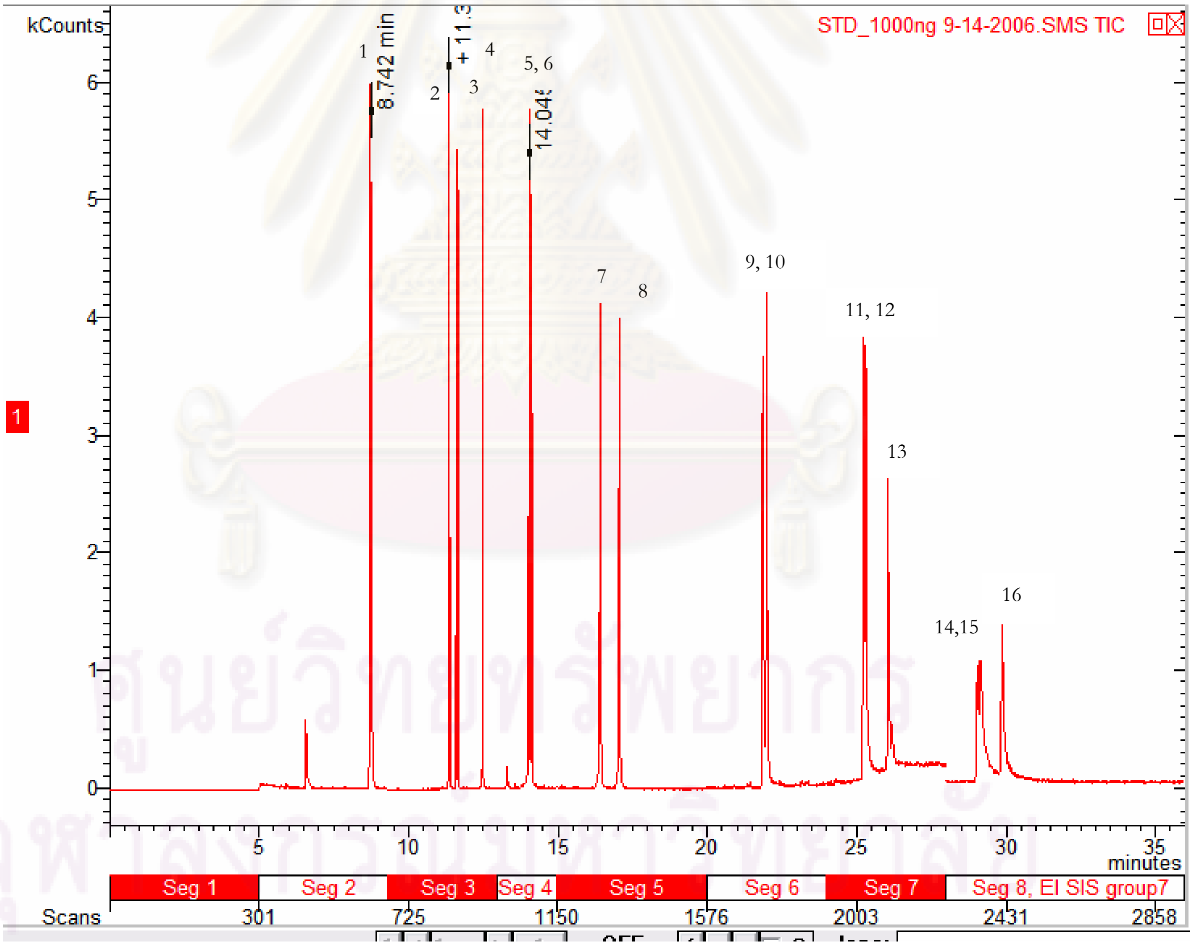
การวิเคราะห์ปริมาณของสารประกอบพีเอเอชด้วยเครื่อง GC/MS ซึ่งประกอบด้วยเครื่อง GC รุ่น CP-3800 ของบริษัท Varian มีชุดใส่ตัวอย่างแบบอัตโนมัติ (auto sampler) รุ่น CP-8400 และ MS รุ่น Saturn 2200 และกำหนดสภาวะการทำงานของเครื่องเพื่อวิเคราะห์สาร PAHs จากตัวอย่าง (ตารางที่ 3.1)

ตารางที่ 3.1 สภาวะการทำงานของเครื่อง GC/MS ในการวิเคราะห์สารประกอบพีเอเอช

GC	ชนิดของคอลัมน์ (column type)	แคปิลลารี่ รุ่น CP-8944 ยาว 30 m. เส้นผ่านศูนย์กลางภายในและภายนอก 0.25 และ 0.39 mm. ความหนาของฟิล์มเหลว 0.25 μm
	เฟสเคลื่อนที่ (mobile phase)	ใช้ก๊าซฮีเลียม (He) มีความบริสุทธิ์ 99.999% ที่มีอัตราการไหลของก๊าซ 1.0 ml/min
	อุณหภูมิของอินเจคเตอร์	300 ^{o}C
	อุณหภูมิของทรานซเฟอร์ไลน์	260 ^{o}C
	โหมดการฉีดตัวอย่าง	ปริมาณตัวอย่างที่ฉีดเข้าเครื่อง 1 μl (splitless)
MS	ชนิดของตัววิเคราะห์มวลสาร	ไอออนแทรป (Ion trap)
	โหมดการแตกตัวเป็นไอออน	อิเล็คตรอนอิมเพค (EI^{+})
	พลังงานของอิเล็กตรอนเพื่อทำให้มวลสารแตกตัว	70 eV
	การสแกนมวลแบบเลือกช่วงมวลสารตั้งแต่	50-300 AMU
	โหมดการบันทึกโครมาโตแกรมแบบไอออน	SIS (Selected Ion Spectrum)

กำหนดสภาวะการทำงานของเครื่อง GC/MS ให้ทำการฉีดแบบอัตโนมัติด้วยสารละลายมาตรฐาน TCL PAHs mix เข้าสู่เครื่อง GC โดยผ่านอินเจคเตอร์ที่อุณหภูมิ 300 ^{o}C ปริมาณ 1 μl เข้าสู่คอลัมน์ CP-8944 ซึ่งเคลือบด้วยสารละลายผสม diphenyl 5% มีความยาวรวม 30 เมตร ที่สภาวะการแยกใช้อัตราการพาของก๊าซ He 1 ml/min โดยมีขั้นตอนการตั้งอุณหภูมิของ oven คือ ตั้งอุณหภูมิเริ่มต้นที่ 50 ^{o}C เป็นเวลานาน 5 นาที จากนั้นเพิ่มอุณหภูมิเป็น 230 ^{O}C ด้วยอัตราการเพิ่มอุณหภูมิ 15 ^{o}C/min และเพิ่มอุณหภูมิเป็น 300^{o} C ด้วยอัตราการเพิ่ม 5 ^{0}C/min แล้วคงที่อุณหภูมินี้ไว้อีก 5 นาที รวมเวลาในการวิเคราะห์ 36.46 นาทีต่อหนึ่งตัวอย่าง ซึ่งเครื่อง GC/MS มีหลักการทำงาน โดยสารประกอบพีเอเอชที่ต่างชนิดกันจะมีการกระจายตัวอยู่ระหว่างเฟสของเหลวที่เป็นฟิล์มเคลือบอยู่ภายในคอลัมน์ และเฟสที่เป็นก๊าซที่เป็นตัวพาด้วยอัตราที่ต่างกัน โดยมีอุณหภูมิของ oven เป็นปัจจัยช่วงหน่วง หรือเร่งการกระจายตัวของสาร ทำให้เกิดการแยกสารขึ้น ซึ่งสารประกอบพีเอเอชที่ถูกหน่วงน้อยที่สุดจะถูกแยกออกมาจากคอลัมน์ก่อน และสารตัวอื่นที่ถูกหน่วงมากกว่าก็จะแยกออกตามมาตามลำดับ เมื่อสารเคลื่อนผ่านพ้นเครื่อง

GC เข้าสู่ทรานซเฟอร์ไลน์ระหว่างเครื่อง GC กับ MS ซึ่งตั้งอุณหภูมิไว้ที่ 260 °C เพื่อกันไม่ให้ไอของสารเกิดการควบแน่นเป็นของเหลว โดยไอสารที่แยกจะผ่านเข้าสู่ Icon trap ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของเครื่อง MS ทำหน้าที่วิเคราะห์มวลสารโดยการยิงอิเล็คตรอนพลังงานสูง (EI^+ 70 eV) ในสารตัวอย่างทำให้สารเกิดการแตกตัวเป็นแฟร็กเมนต์ไอออนที่ประจุบวกหนึ่ง และกักเก็บประจุเหล่านี้เอาไว้ ซึ่งจะครอบคลุมมวลสารตั้งแต่ช่วง 50-300 AMU ทำให้ได้แฟร็กเมนต์ไอออนทั้งหมดจากการสแกน 1 ครั้ง ตกลงสู่เครื่องตรวจวัดของส่วน MS ซึ่งโปรแกรมของเครื่องมีการควบคุมด้วยระบบคอมพิวเตอร์ ทำให้สามารถบันทึกผล แล้วรายงานเป็นกราฟโครมาโตรแกรมที่แสดงปริมาณและมวลของสารด้วยแมสสเปคตรัมของแต่ละสารได้ อีกทั้งยังสามารถใช้หมวดการบันทึกไอออนเฉพาะหรือไอออนเดี่ยว คือ โหมด SIS (Selected Ion Spectrum) แทนการสแกนตั้งแต่ช่วง 50-300 AMU ซึ่งเป็นวิธีการที่สามารถให้หาปริมาณสารประกอบพีเอเอชโดยการสแกนเฉพาะพีคของ ion fragmentation หรือแมสเปคตรัมของสารประกอบพีเอเอชที่สนใจเท่านั้น (ตารางที่ 3.2) ทำให้ผลการตรวจวัดแต่ละพีคของสารประกอบพีเอเอชดียิ่งขึ้น



หมายเหตุ: 1. Nap 2. Acy 3. Ace 4. Flu 5. Phe 6 Anth 7. Fluor 8. Pyr 9. BaA 10. Chry 11. BbF 12. BkF 13. BaP 14. Ind 15. DBahA 16.BghiP

ภาพที่ 3.10 โครมาโตรแกรมของสารละลายมาตรฐานสารประกอบพีเอเอชทั้ง 16 ชนิด

ผลจากการหาสภาวะที่เหมาะสมโดยใช้สารละลายผสมมาตรฐาน TCL PAHs mix ที่ประกอบด้วยสารประกอบพีเอเอชทั้ง 16 ชนิด ซึ่งใช้เป็นตัวแทนของสารประกอบพีเอเอชจากตัวอย่างกระดาษกรอง รวมถึง Internal standard 6 ชนิด จะได้สภาวะที่ใช้ในการฉีดตัวอย่างเป็นโครมาโตรแกรม (ภาพที่ 3.10) และตารางที่ 3.2 แสดงเวลาที่พบสาร (Retention Time; RT) ของสารประกอบพีเอเอชที่เครื่อง GC/MS สามารถวิเคราะห์ได้

ตารางที่ 3.2 ลักษณะ ion fragmentation และ RT ของสาร PAHs Mix Standard 16 ชนิด และ Internal Standard Mix 6 ชนิด

สารประกอบพีเอเอช	**ชื่อย่อ**	m/z		**RT (min)**
		Primary ion	Secondary ion	
PAHs Mix Standard				
Naphthalene	Nap	128	102	8.739
Acenaphthylene	Acy	152	151	11.359
Acenaphthene	Ace	154	153	11.653
Fluorene	Flu	166	165	12.483
Phenanthrene	Phe	178	152	14.046
Anthracene	Anth	178	152	14.128
Fluoranthene	Fluor	202	101	16.421
Pyrene	Pyr	202	101	17.060
Benzo (a) anthracene	BaA	228	114	21.652
Chrysene	Chry	228	113	21.779
Benzo (b) fluoranthene	BbF	252	126	25.230
Benzo (k) fluoranthene	BkF	252	126	25.299
Benzo (a) pyrene	BaP	252	126	25.891
Indeno (1,2,3-cd) pyrene	Ind	276	138	28.812
Dibenz (a, h) anthracene	DBahA	278	139	28.902
Benzo (g, h,i) perylene	BghiP	276	138	29.610
Internal Standard Mix				
1,4 dichlorobenzene-d4	-	150	152	6.526
Naphthalene-d8	-	136	132	8.620
Acenapthene-d10	-	162	164	11.499
Phenanthrene-d10	-	188	160	13.911
Chrysene-d12	-	240	120	21.687
Perylene-d12	-	264	132	26.049

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2) การสร้าง Calibration curve

การสร้าง Calibration curve โดยใช้สารละลายมาตรฐาน PAHs Mix Standard 16 ชนิด และ Internal Standard Mix 6 ชนิด โดยเตรียมสารละลายมาตรฐาน PAHs Mix Standard 16 ชนิด ที่มีความเข้มข้นแตกต่างกัน 6 ความเข้มข้น ดังนี้ 125, 250, 500, 1000, 2000 และ 4000 ng/ml และ Internal Standard Mix 6 ชนิด ที่มีความเข้มข้น 400 ng/ml โดย PAHs Mix Standard 16 ชนิด และ Internal Standard Mix 6 ชนิด เจือจางอยู่ในสารละลาย dichloromethane (DCM)

การสร้าง Calibration curve มีการทำ peak ratio PAH standard ต่อ Internal PAH standard โดย PAHs แต่ละชนิดใช้ Internal Standard Mix ในการเทียบสัดส่วนต่างชนิดกัน (ตารางที่ 3.3)

ตารางที่ 3.3 ชนิด PAHs Mix Standard ที่ใช้เทียบเป็นสัดส่วนกับ Internal Standard Mix

Internal Standard Mix	PAHs Mix Standard
Naphthalene-d8	Naphthalene
Acenapthene-d10	Acenaphthylene Acenapthene Fluorene
Phenanthrene-d10	Phenanthrene Anthracene Fluoranthene
Chrysene-d12	Benzo(a)anthracene Chrysene Pyrene
Perylene-d12	Benzo(b)fluoranthene Benzo(a)pyrene Dibenz(a,h)anthracene Benzo(k)fluoranthene Indeno(1,2,3-cd)pyrene Benzo(g,h,i)perylene

3) Limit of detection (LOD)

Limit of detection หมายถึง ความเข้มข้นต่ำสุดที่เป็นปริมาณที่เครื่องมือสามารถวัดสารนั้นได้โดยดูค่า Signal เปรียบเทียบกับ noise โดยมากมักใช้ค่า Signal : noise = 3:1 เป็นการตรวจสอบเพื่อหาปริมาณหรือความเข้มข้นที่ต่ำสุดที่จะทำการวัด และสามารถทำการรายงานผลได้ โดยค่าที่ไม่สามารถตรวจวัดได้จะแสดงเป็นค่า ND (not detected) ซึ่งมีสูตรการคำนวณ ดังสมการ 3.2

$$\text{LOD} = \frac{3 \times \text{ความเข้มข้นต่ำสุดที่ใช้ (ng/ml)} \times \delta}{\overline{X}} \qquad (3.2)$$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

$$\delta = \sqrt{\sum_{i=1}^{n} (X_i - \overline{X})^2 / (n-1)}$$

เมื่อกำหนดให้

X_i = พื้นที่ใต้กราฟของสารประกอบพีเอเอชเป้าหมายที่ตรวจวัดครั้งที่ i

$\overline{X}$ = พื้นที่ใต้กราฟเฉลี่ยของสารประกอบพีเอเอชเป้าหมายที่ตรวจวัดครั้งที่ i-n

n = จำนวนครั้งในการตรวจวัด

4) การทดสอบวิธีการสกัดสาร PAHs โดยทำ Recovery test

นำ blank หรือกระดาษกรอง Glass fiber filter ที่ไม่มีตัวอย่าง มาใส่ขวดสีชาขนาด 40 ml จากนั้นใส่ Internal Standard Mix ที่มีความเข้มข้น 400 ng/ml และ PAHs Mix Standard 16 ชนิด ที่มีความเข้มข้น 4000 ng/ml โดยฉีดด้วย microsyringe ที่ปริมาตร 50 µlจากนั้นใส่ dichloromethane (DCM) 10 ml นำตัวอย่างไปสกัดด้วยเครื่อง Ultrasonic homogenizer โดยใช้กำลัง 90 watt 9 cycle เป็นเวลา 30 นาที 2 ครั้ง จากนั้นนำสารละลายที่ได้มาแยกจากกระดาษกรองและกรองผ่านสารละลายด้วย Disc filter PTFE ใส่ในขวดสีชา และนำสารละลายไปทำให้แห้งด้วยก๊าซไนโตรเจน 99.95% ใน insert vial ขนาด 200 µl ซึ่งอยู่ในขวด vial สีชาขนาด 2 ml และเก็บไว้ที่อุณหภูมิต่ำในตู้เย็น โดยก่อนฉีดเข้าเครื่อง GC/MS นำมาปรับปริมาตรเป็น 100 µl รวมทั้งนำความเข้มข้นที่มี Internal Standard Mix 400 ng/ml รวมกับ PAHs Mix Standard 4000 ng/ml มาเจือจางครึ่งหนึ่งและฉีดเข้าเครื่อง GC/MS ซึ่งจะมีความเข้มข้นลดลงครึ่งหนึ่งคือ Internal Standard Mix 200 ng/ml รวมกับ PAHs Mix Standard 2000 ng/ml เพื่อนำพื้นที่ใต้กราฟของ recovery มาเปรียบเทียบกับพื้นที่ใต้กราฟของ Internal Standard และ PAHs Mix Standard ก่อนสกัด โดยการคำนวณเปอร์เซ็นต์ recovery test ของสารประกอบพีเอเอช หลังจากวิเคราะห์โดยใช้ GC/MS แล้ว ซึ่งมีสูตรการคำนวณ ดังสมการ 3.3

$$\%\ \text{recovery test PAHs} = (B / A) \times 100 \qquad (3.3)$$

เมื่อกำหนดให้

A = พื้นที่ใต้กราฟของ PAHs Mix Standard ก่อนสกัด

B = พื้นที่ใต้กราฟของ PAHs Mix Standard หลังผ่านกระบวนการสกัด

5) การสกัดสารตัวอย่าง

วิธีการสกัดสาร PAHs ที่อยู่ในรูปของฝุ่นละอองจากตัวอย่างกระดาษกรอง ซึ่งทำการดัดแปลงให้เหมาะสมตาม Method TO-13A (US.EPA, 1999) โดยนำกระดาษกรอง Glass fiber filter ที่มีฝุ่นละออง มาใส่ขวดสีชาขนาด 40 ml จากนั้นใส่ Internal Standard Mix ที่มีความเข้มข้น 400 ng/ml ปริมาตร 100 µl จากนั้นใส่ตัวทำละลาย dichloromethane (DCM) 10 ml แล้วนำตัวอย่างไปสกัดด้วยเครื่อง Ultrasonic homogenizer โดยใช้กำลัง 90 watt 9 cycle เป็นเวลา 30 นาที 2 ครั้ง จากนั้นนำสารละลายที่ได้มาแยกจากกระดาษกรองและกรองผ่านสารละลายด้วย Disc filter PTFE ใส่ในขวดสีชา และนำสารละลายไปทำให้แห้งด้วยก๊าซไนโตรเจน 99.95% ใน insert vial ขนาด 200 µl ซึ่งอยู่ในขวด vial สีชาขนาด 2 ml และเก็บไว้ที่อุณหภูมิต่ำในตู้เย็น และก่อนฉีดเข้าเครื่อง GC/MS นำมาปรับปริมาตรเป็น 100 µl

6) การคำนวณปริมาณสารประกอบพีเอเอชในตัวอย่าง

วิเคราะห์หาความเข้มข้นสารประกอบพีเอเอช โดยเทียบกับสารละลายมาตรฐานของสารประกอบพีเอเอชทั้ง 16 ชนิด ซึ่งใช้เครื่อง GC/MS ในการตรวจหาชนิดและปริมาณของสารประกอบพีเอเอช โดยฉีด PAHs Mix Standard และ Semi-volatile Internal Standard Mix และหาพื้นที่ใต้กราฟ โดยอินทีเกรต abundance ของสารประกอบพีเอเอชแต่ละชนิด แล้วนำผลการอินทีเกรต peak ที่แสดงค่าเป็นพื้นที่ใต้กราฟ มาคำนวณความเข้มข้นของสารประกอบพีเอเอชในฝุ่นละออง ซึ่งสามารถคำนวณออกมาในหน่วย ng/m^3 ดังสมการ 3.4

$$\text{PAH conc.}(ng/m^3) = (C_x)(D)(10^3)ng/ml \times \frac{(A)/(B)}{(E)/(F)} \times \frac{(V_S)(10^{-3})ml}{(V_{inj})} \times \frac{F_T}{F_i} \times \frac{1}{(V_A)} \quad (3.4)$$

เมื่อกำหนดให้

C_x = ความเข้มข้นเริ่มต้นของสารละลายมาตรฐานสารประกอบพีเอเอช (µg/ml)

D = dilution factor (1/1000)

A = พื้นที่ใต้กราฟของสารประกอบพีเอเอชเป้าหมายในตัวอย่าง

B = พื้นที่ใต้กราฟของ Internal PAH standard ในตัวอย่าง

E = พื้นที่ใต้กราฟของสารประกอบพีเอเอชเป้าหมายใน standard

F = พื้นที่ใต้กราฟของ Internal PAH standard ใน standard

V_S = ปริมาตรของตัวอย่างที่เตรียมก่อนฉีด GC/MS (µl)

V_{inj} = ปริมาตรของตัวอย่างที่ฉีดเข้า GC/MS

V_A = ปริมาตรอากาศของตัวอย่างที่เก็บ (m^3)

F_T = จำนวนกระดาษกรองทั้งแผ่นที่แบ่งมาทำการสกัด (ส่วน)

F_i = จำนวนกระดาษกรองที่แบ่งมาทำการสกัด (ส่วน)

3.3.5 การรวบรวมและการวิเคราะห์ข้อมูล

3.3.5.1 การรวบรวมข้อมูล

1) รวบรวมข้อมูลอุตุนิยมวิทยาจากสถานีตรวจวัดอากาศ กรมอุตุนิยมวิทยาที่อยู่ใกล้เคียงพื้นที่ศึกษา

2) รวบรวมข้อมูลสารประกอบพีเอเอชจากแหล่งกำเนิดประเภทต่างๆ ที่เกี่ยวข้องในพื้นที่ศึกษา ทั้งที่ทำการวิเคราะห์ทางเคมีในการศึกษาครั้งนี้และจากการทบทวนเอกสารต่างๆ ทั้งในประเทศและต่างประเทศ ทั้งนี้พิจารณาเฉพาะ

- สารประกอบพีเอเอชจากยานพาหนะ ได้แก่ รถยนต์ดีเซลขนาดเล็กและขนาดใหญ่ รถยนต์เบนซิน และรถจักรยานยนต์
- สารประกอบพีเอเอชจากการฟุ้งกระจายของฝุ่นดิน
- สารประกอบพีเอเอชจากการเผาไหม้ชีวมวล
- สารประกอบพีเอเอชจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงของโรงไฟฟ้า

3.3.5.2 การวิเคราะห์ข้อมูล

1) วิเคราะห์ความแตกต่างความเข้มข้นเฉลี่ยของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน ระหว่างพื้นที่ศึกษาด้วยวิธีวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis Of Variance; ANOVA)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2) วิเคราะห์ความแตกต่างความเข้มข้นเฉลี่ยของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน ในแต่ละพื้นที่ศึกษาระหว่างฤดูแล้งและฤดูฝนด้วยวิธีวิเคราะห์ Unpaired t-test

3) เปรียบเทียบชนิดและความเข้มข้นของสารประกอบพีเอเอชที่เกาะบนอนุภาคฝุ่นละออง ในแต่ละพื้นที่ศึกษาระหว่างช่วงฤดูแล้งและฤดูฝน

4) วิเคราะห์หาสัดส่วนแหล่งกำเนิดของสารประกอบพีเอเอชที่มีผลต่อพื้นที่ศึกษา โดยใช้โปรแกรมแบบจำลองดุลยภาพมวลเคมี รุ่นที่ 8.2 (CMB 8.2)

3.3.5.3 การวิเคราะห์หาสัดส่วนแหล่งกำเนิดของสารประกอบพีเอเอชด้วยโปรแกรมแบบจำลองดุลยภาพมวลเคมี รุ่นที่ 8.2 (CMB 8.2) มีขั้นตอนดังต่อไปนี้

(1) การเตรียมข้อมูลสำหรับวิเคราะห์

หลังจากทำการรวบรวมข้อมูลสารประกอบพีเอเอชจากแหล่งกำเนิดประเภทต่างๆ ที่เกี่ยวข้องในพื้นที่ศึกษา ทั้งที่ทำการวิเคราะห์ทางเคมีในการศึกษาครั้งนี้และจากการทบทวนเอกสารต่างๆ ทั้งในประเทศและต่างประเทศแล้ว ในการพิจารณาเลือกแหล่งกำเนิดที่สำคัญต่อจุดเก็บตัวอย่างในพื้นที่ศึกษานั้น จะต้องคำนึงถึงการมีอยู่จริงของแหล่งกำเนิด การส่งผลของแหล่งกำเนิดต่อจุดเก็บตัวอย่างนั้นๆ และทิศทางลม ซึ่งแหล่งกำเนิดที่ใช้ในการวิเคราะห์แสดงได้ดังตารางที่ 3.4 สำหรับข้อมูลความเข้มข้นของสารประกอบพีเอเอชจากจุดเก็บตัวอย่างทั้งหมดดังภาคผนวก ข

(2) การใส่ข้อมูลโปรแกรมแบบจำลองดุลยภาพมวลเคมี

การใส่ข้อมูลต่างๆ ลงไปในโปรแกรมนั้นจะต้องจัดทำไฟล์ข้อมูลทั้งหมด 5 ไฟล์ (ภาพที่ 3.11) ได้แก่

1) ข้อมูลตัวย่อของแหล่งกำเนิดที่ใช้โปรแกรม (source profile selection file) จะมีนามสกุลเป็น .sel

2) ข้อมูลตัวย่อขององค์ประกอบทางด้านเคมีที่ใช้โปรแกรม (species selection file) จะมีนามสกุลเป็น .sel

3) ข้อมูลตัวย่อในบรรยากาศที่ทำการเก็บตัวอย่าง (ambient data record selection file) จะมีนามสกุลเป็น .sel

ตารางที่ 3.4 สัดส่วนของสารประกอบพีเอเอชทั้ง 16 ชนิดจากแหล่งกำเนิดต่างๆที่ใช้ในการวิเคราะห์ด้วยแบบจำลองดุลยภาพมวลเคมี

ชนิดของสารประกอบพีเอเอช	สัดส่วนโดยน้ำหนักจากแหล่งกำเนิดต่างๆ				
	รถจักรยานยนต์[a]		รถยนต์เบนซิน[a]	รถดีเซล[a]	
	2 จังหวะ	4 จังหวะ		เล็ก	ใหญ่
Nap	0.039	0.0133	0.0080	0.0139	0.0228
Acy	0.3623	0.0409	0.0239	0.2019	0.2568
Ace	0.0081	0.0009	0.0109	0.0318	0.2615
Flu	0.0608	0.0161	0.0765	0.2120	0.1563
Phe	0.1116	0.0179	0.0343	0.0184	0.0527
Anth	0.0241	0.0222	0.0396	0.0107	0.1023
Fluor	0.1351	0.0117	0.0594	0.0319	0.0369
Pyr	0.0538	0.0151	0.0475	0.0448	0.0563
BaA	0.0274	0.0115	0.0779	0.0109	0.0179
Chy	0.0046	0.0092	0.0816	0.0198	0.0065
BbF	0.0144	0.0348	0.0923	0.0484	0.0089
BkF	0.0032	0.0153	0.0899	0.0052	0.0009
BaP	0.0423	0.0721	0.0812	0.0375	0.0043
DBahA	0.0043	0.0158	0.0732	0.0047	0.0086
IND	0.0289	0.3257	0.0116	0.1205	0.0000
BghiP	0.0801	0.3776	0.1923	0.1876	0.0071
Total	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

ที่มา: a ปาจรีย์, 2545

b Chen et al., 2008

c การศึกษาครั้งนี้

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 3.4 สัดส่วนของสารประกอบพีเอเอชทั้ง 16 ชนิดจากแหล่งกำเนิดต่างๆ ที่ใช้ในการวิเคราะห์ด้วยแบบจำลองดุลยภาพมวลเคมี (ต่อ)

ชนิดของสารประกอบพีเอเอช	สัดส่วนโดยน้ำหนักจากจากแหล่งกำเนิดต่างๆ			
	การเผาไหม้ชีวมวล[b]	ฝุ่นดิน[c]	การเผาไหม้แก๊สธรรมชาติ[c]	การเผาไหม้แก๊สธรรมชาติและน้ำมันเตา[c]
Nap	0.8556	0.2760	0.0898	0.0117
Acy	0.0055	0.1688	0.0121	0.0012
Ace	0.0084	0.0523	0.0191	0.0009
Flu	0.0208	0.1106	0.0296	0.0033
Phe	0.0378	0.0646	0.0697	0.0675
Anth	0.0193	0.0151	0.0155	0.0331
Fluor	0.0256	0.0248	0.0132	0.0222
Pyr	0.0117	0.0781	0.0119	0.0297
BaA	0.0005	0.0016	0.0245	0.0030
Chy	0.0008	0.0087	0.0186	0.0054
BbF	0.0013	0.0052	0.0162	0.0260
BkF	0.0012	0.0027	0.0212	0.0556
BaP	0.0026	0.0151	0.0385	0.0254
DBahA	0.0027	0.0228	0.3636	0.2751
IND	0.0039	0.0211	0.1071	0.2803
BghiP	0.0024	0.1555	0.1497	0.1595
Total	1.00	1.00	1.00	1.00

ที่มา: a ปาจรีย์, 2545

b Chen et al., 2008

c การศึกษาครั้งนี้

ศูนย์วิทยทรัพยากร จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

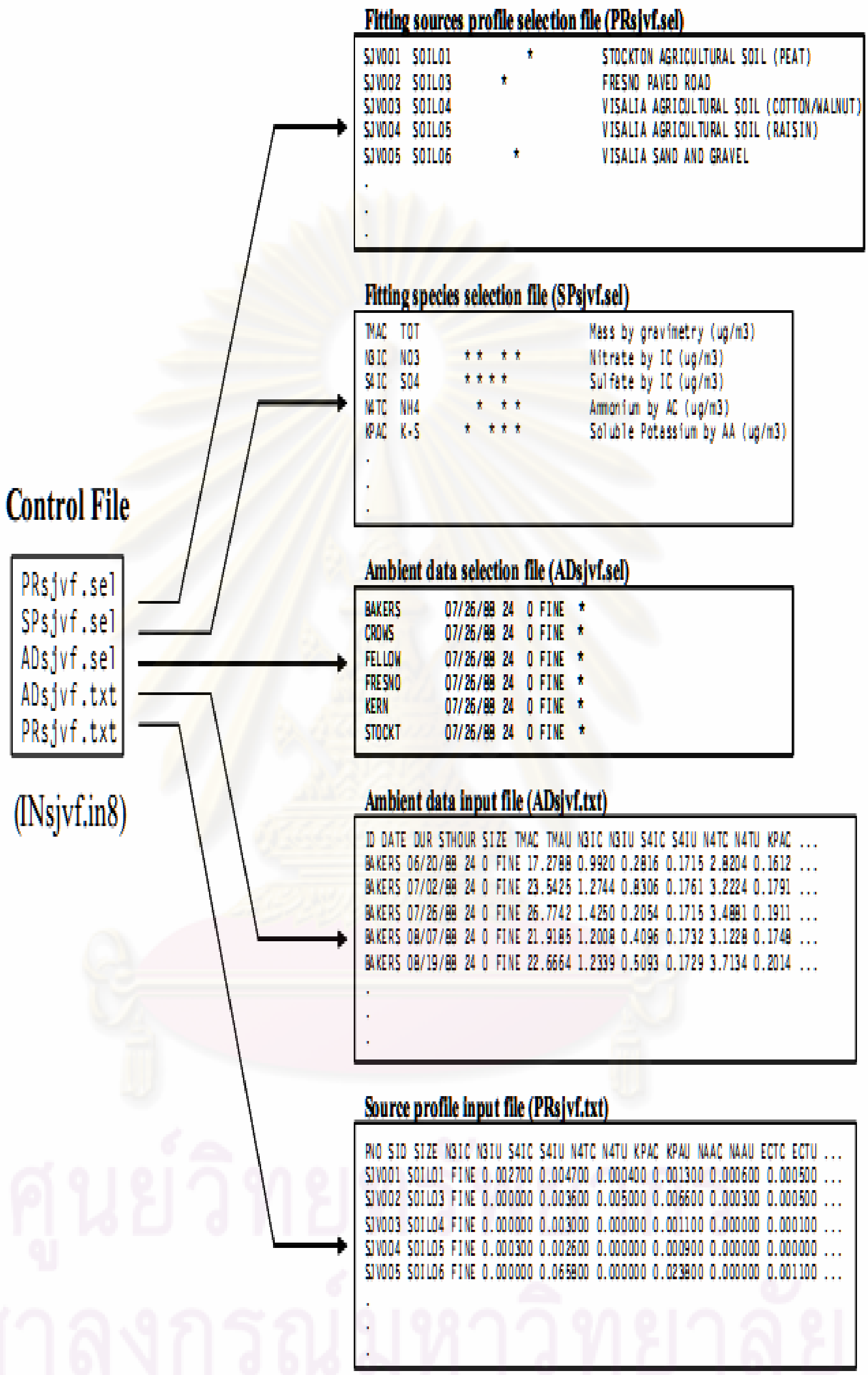
4) ข้อมูลตัวเลขที่เป็นองค์ประกอบที่วิเคราะห์ได้ในบรรยากาศในแต่ละวันที่ทำการเก็บตัวอย่าง (ambient data input file) จะมีนามสกุลเป็น .txt

5) ข้อมูลตัวเลขที่เป็นองค์ประกอบที่วิเคราะห์ได้ของแหล่งกำเนิดแต่ละแหล่ง (source profile input file) จะมีนามสกุลเป็น .txt

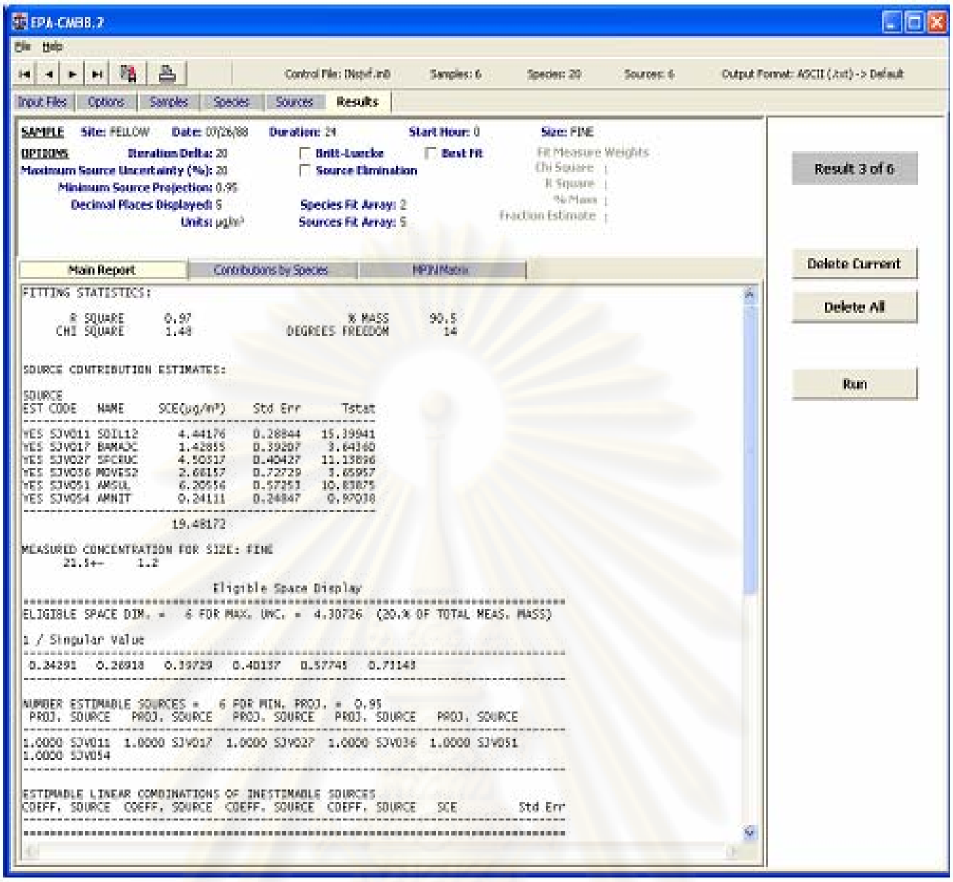
(3) การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยแบบจำลองดุลยภาพมวลเคมี (ภาพที่ 3.12) จะให้ผลที่แสดงออกมา คือ ค่า R-Square, Chi-Square, Percent Mass และ TSTAT โดยแบบจำลองดุลยภาพมวลเคมีจะทำการคำนวณเพื่อหาสัดส่วนแหล่งกำเนิดของสารประกอบพีเอเอชที่มาสู่จุดเก็บตัวอย่างนั้นๆ ซึ่งขั้นแรกของการพิจารณาสัดส่วนแหล่งกำเนิด เพื่อหาชนิดของสารประกอบพีเอเอชที่สำคัญ (fitting species) ที่จะทำให้ค่าดรรชนีที่สามมารถอธิบายถึงความสัมพันธ์ของตัวแปรได้ดี และเพื่อพิจารณาแหล่งกำเนิดที่อาจหายไปหรือไม่จำเป็นในการจำแนกแหล่งกำเนิดด้วยแบบจำลองนี้ โดยการได้มาซึ่งผลลัพธ์สุดท้ายของการคำนวณหาสัดส่วนแหล่งกำเนิดด้วยแบบจำลองดุลยภาพมวลเคมีนี้ ต้องทำการประมวลผลแบบจำลองในจำนวนที่มากครั้ง (Trial and Error) เพื่อให้ได้ผลการจำแนกที่ดีที่สุดซึ่งจะใช้ดรรชนีที่อธิบายถึงความสัมพันธ์ของตัวแปรเป็นเกณฑ์ ซึ่งในส่วนนี้จะเป็นการบรรยายถึงการประมวลผลที่จะได้มาซึ่งผลลัพธ์ที่ดีที่สุด

การคำนวณหาสัดส่วนแหล่งกำเนิดที่ทุกจุดเก็บตัวอย่างใช้ชนิดของสารประกอบพีเอเอชและแหล่งกำเนิดทั้งหมด เพื่อพิจารณาถึงดรรชนีที่อธิบายถึงความสัมพันธ์ของตัวแปรของผลลัพธ์ที่ได้ โดยจากการประมวลผลครั้งแรกๆ เมื่อได้ค่า TSTAT ของแหล่งกำเนิดใดที่มีน้อยกว่า 2 ซึ่งแสดงว่าแหล่งกำเนิดนั้นมีอิทธิพลต่อจุดเก็บตัวอย่างนั้นๆต่ำ แหล่งกำเนิดนั้นจะถูกตัดออกไม่นำมาร่วมพิจารณาด้วย สำหรับชนิดของสารประกอบพีเอเอชนั้น ในการประมวลผลครั้งแรกๆ จะพิจารณาค่า R/U Ratio ที่ต่ำกว่าเกณฑ์ (ค่า R/U Ratio ที่เหมาะสมควรในช่วง -2 ถึง 2) ซึ่งจะส่งผลให้ R-square, Chi-square และ Percent mass ไม่เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด และเมื่อทำการประมวลผลครั้งต่อมาก็ต้องทำการตัดแหล่งกำเนิดและสารประกอบพีเอเอชบางชนิดออกไปด้วย จึงจะทำให้ได้ค่า R-square (0.8-1.0), Chi-square (<4) และ Percent mass (80-120%)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาพที่ 3.11 แผนผังของไฟล์ข้อมูลทั้งหมดในการวิเคราะห์ด้วยแบบจำลองดุลยภาพมวลเคมี (US EPA, 2004)



ภาพที่ 3.12 หน้าแสดงผลหลักจากวิเคราะห์ด้วยแบบจำลองดุลยภาพมวลเคมี (US EPA, 2004)

บทที่ 4

ผลและวิจารณ์ผลการศึกษา

4.1 การวิเคราะห์ทางเคมีเพื่อหาชนิดและปริมาณของสารประกอบพีเอเอช

4.1.1 การสร้างกราฟมาตรฐาน (Standard Curve)

กราฟมาตรฐาน(Standard Curve) ของสารประกอบพีเอเอชทั้ง 16 ชนิด ได้แก่ แนฟทาลีน (Naphthalene: Nap), อะซีแนฟไทลีน (Acenaphthylene: Acy), อะซีแนฟทีน (Acenaphthene: Ace), ฟลูออรีน (Flourene: Flu), ฟีแนนทรีน (Phenanthrene: Phe), แอนทราซีน (Anthracene: Anth), ฟลูออแรน ทีน (Flouranthene: Fluor), ไพรีน (Pyrene: Pyr), เบนโซ (เอ) แอนทราซีน (Benzo [a] anthracene: BaA), ไครซีน (Chrysene: Chry), เบนโซ (บี) ฟลูออแรนทีน (Benzo [b] fluoranthene: BbF), เบนโซ (เค) ฟลูออแรนทีน (Benzo [k] floranthene: BkF), เบนโซ (เอ) ไพรีน (Benzo [a] pyrene: BaP), อินดีโน [1,2,3-ซี ดี] ไพรีน (Indeno [1,2,3-cd] pyrene: Ind),ไดเบนซ์ (เอ, เอช) แอนทราซีน (Dibenz [a, h] Anthracene: DBahA) และ เบนโซ (จี, เอช, ไอ) ไพรีน (Benzo [g, h, i] pyrene: BghiP) แสดงดังกราฟในภาคผนวก ข-1 โดยแกน x คือ ความเข้มข้นของสารประกอบพีเอเอชมาตรฐาน (Standard PAHs) แต่ละชนิด และแกน y คือ อัตราส่วน (Peak ratio) ของ Standard PAHs ต่อ Internal standard PAHs และมีค่า Coefficient of determination (R^2) จากการทำ Standard Curve พบว่าให้ค่าความสัมพันธ์ที่ดีมีค่าอยู่ระหว่าง 0.9900-0.9987 ดังแสดงในตารางที่ 4.1 เมื่อเปรียบเทียบกับงานวิจัยของ Possanzini et al. (2004) ที่วิเคราะห์สารประกอบพีเอเอช 21 ชนิดโดยใช้คอลัมน์ชนิด DB-5MS (L=30m, I.D.=250μm, film thickness=0.25μm) Fang และคณะ (2003) ที่ใช้คอลัมน์ชนิด DB-5 (L=30m, I.D.=0.25 mm, film thickness=0.25 μm) และเมธินี วรรณวิจิตร (2548) ที่ใช้คอลัมน์ชนิด DB-5MS (L=60m, I.D.=320 μm, film thickness=0.25μm) ให้ค่า R^2 เช่นเดียวกับการศึกษาครั้งนี้คือ > 0.98, > 0.995 และระหว่าง 0.9886-0.9962 ตามลำดับ

ตารางที่ 4.1 ค่า Coefficient of determination (R^2) ของสารประกอบพีเอเอชทั้ง 16ชนิด

สารประกอบพีเอเอช	R^2	**สารประกอบพีเอเอช**	R^2
Naphthalene (Nap)	0.9944	Benzo(a)anthracene (BaA)	0.9907
Acenaphthylene (Acy)	0.9937	Chrysene (Chry)	0.9948
Acenapthene (Ace)	0.9906	Benzo(b)fluoranthene (BbF)	0.9911

ตารางที่ 4.1 (ต่อ) ค่า Coefficient of determination (R^2) ของสารประกอบพีเอเอชทั้ง 16ชนิด

สารประกอบพีเอเอช	R^2	**สารประกอบพีเอเอช**	R^2
Fluorine (Flu)	0.9900	Benzo(k)fluoranthene (BkF)	0.9907
Phenanthrene (Phe)	0.9946	Benzo(a)pyrene (BaP)	0.9909
Anthracene (Anth)	0.9977	Indeno(1,2,3-cd)pyrene (Ind)	0.9910
Fluoranthene (Fluor)	0.9904	Dibenz(a,h)anthracene (DBahA)	0.9910
Pyrene (Pyr)	0.9902	Benzo(g,h,i)pyrene (BghiP)	0.9987

4.1.2. Limit of detection (LOD)

จากการวิเคราะห์ปริมาณของสารประกอบพีเอเอชทั้ง 16 ชนิด ด้วยเครื่อง GC/MS พบว่า ค่า LOD ที่ศึกษาได้ โดยเทียบค่าเป็นความเข้มข้นในหน่วย ng/m^3 มีค่าอยู่ระหว่าง 0.001–27.297 ng/m^3 ดังแสดงในตารางที่ 4.2 ซึ่งค่า LOD ที่ได้จากการศึกษาในครั้งนี้มีค่าสูงกว่าค่า LOD จากงานวิจัยของ Possanzini et al. (2004) ที่มีค่าระหว่าง 0.3-5.9 ng/m^3 แต่มีค่าใกล้เคียงกับการศึกษาของเมทินี วรรณวิจิตร (2548) ซึ่งพบว่ามีค่า LOD อยู่ระหว่าง 0.82-23.34 ng/m^3

ตารางที่ 4.2 ผลการหาค่า LOD ของสารละลายมาตรฐานสารประกอบพีเอเอชทั้ง 16 ชนิด

สารประกอบพีเอเอช	LOD (ng/m^3)			สารประกอบพีเอเอช	LOD (ng/m^3)		
	a	b	c		a	b	c
Nap	0.001	0.053	0.338	BaA	0.001	0.080	0.508
Acy	0.003	0.220	1.391	Chry	0.001	0.074	0.467
Ace	0.001	0.060	0.379	BbF	0.004	0.246	1.556
Flu	0.003	0.233	1.471	BkF	0.001	0.084	0.532
Phe	0.002	0.135	0.853	BaP	0.004	0.246	1.554
Anth	0.003	0.215	1.359	Ind	0.005	0.329	2.077
Fluor	0.001	0.056	0.354	DBahA	0.064	4.321	27.297
Pyr	0.001	0.082	0.520	BghiP	0.001	0.094	0.592

หมายเหตุ: a คือ ค่า LOD ของสารประกอบพีเอเอชจากจุดเก็บตัวอย่างโดยรอบโรงไฟฟ้า

b คือ ค่า LOD ของสารประกอบพีเอเอชจากสถานีตรวจวัดอากาศแบบต่อเนื่อง

c คือ ค่า LOD ของสารประกอบพีเอเอชจากปล่องต่างๆ ของโรงไฟฟ้า

4.1.3 **การทดสอบร้อยละของการคืนกลับ** (Recovery Test)

ค่า Recovery Test (ร้อยละ) ที่ศึกษาได้แสดงดังตารางที่ 4.3 ซึ่งมีค่าอยู่ระหว่างร้อยละ 71.14-140.39 โดยพบว่า ค่า Recovery Test ที่มีค่าสูงกว่าร้อยละ 80 ตั้งแต่สารประกอบพีเอเอชชนิด Flu จนกระทั่งถึง BghiP โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 80.06-140.39 % ส่วนค่า Recovery Test ที่มีค่าต่ำ ได้แก่ Nap, Acy และ Ace โดยมีค่าเท่ากับ 71.75, 71.14 และ 75.77 ตามลำดับ เนื่องจากสารประกอบพีเอเอชทั้ง 3 ชนิดมีมวลโมเลกุลต่ำและโครงสร้างโมเลกุลที่ประกอบด้วยวงอะโรมาติก 2 และ 3 วง ซึ่งจัดเป็นกลุ่มสารประกอบพีเอเอชประเภทกึ่งระเหยได้ (Semi-volatile PAHs) ดังนั้นจึงมีความเป็นไปได้ที่สารประกอบพีเอเอชกลุ่มนี้จะระเหยเป็นรูปเป็นแก๊สได้ง่ายที่อุณหภูมิห้อง ซึ่งในกระบวนการสกัดสารนั้นมีข้อจำกัดในส่วนของการควบคุมอุณหภูมิในห้องปฏิบัติการทางเคมี จึงทำให้หลังจากผ่านกระบวนการสกัดแล้ว พบว่า พื้นที่ใต้กราฟ (Peak area) ของ Nap, Acy และ Ace ลดลง ซึ่งส่งผลให้มีค่า Recovery Test น้อยกว่า เมื่อเปรียบเทียบกับสารประกอบพีเอเอชที่มีมวลโมเลกุลสูง และจากการศึกษา พบว่า เมื่อหาค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานโดยคิดตั้งแต่ Flu จนถึง BghiP มีค่าเท่ากับร้อยละ 16.01

ตารางที่ 4.3 ค่า Recovery Test ของสารประกอบพีเอเอชทั้ง 16 ชนิด

สารประกอบพีเอเอช	Recovery Test (%)	สารประกอบพีเอเอช	Recovery Test (%)
Nap	71.75	BaA	140.39
Acy	71.14	Chry	135.93
Ace	75.77	BbF	84.40
Flu	80.72	BkF	91.39
Phe	81.35	BaP	93.33
Anth	82.22	Ind	93.27
Fluor	85.91	DBahA	81.05
Pyr	84.88	BghiP	80.06

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

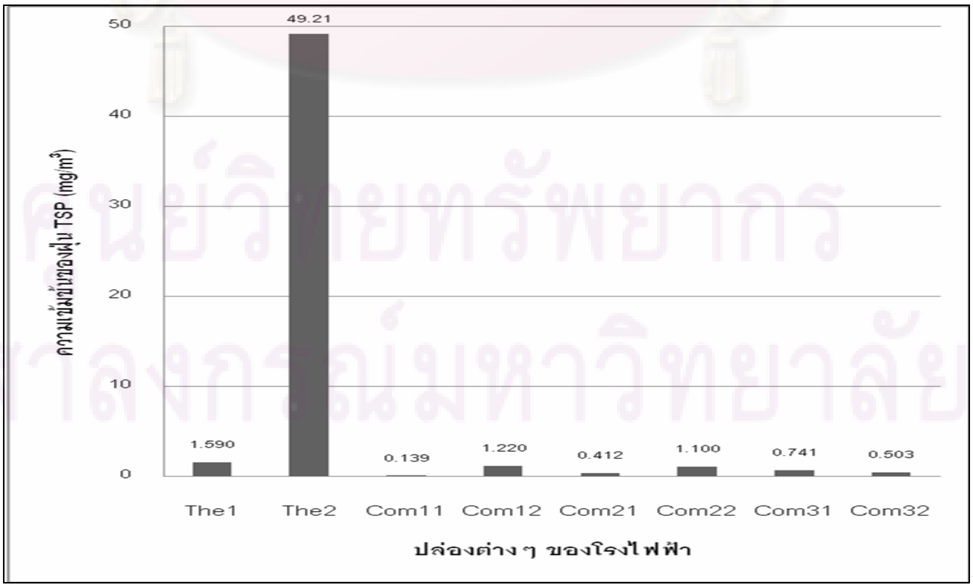
เมื่อเปรียบเทียบค่า Recovery Test จากการศึกษาครั้งนี้กับการศึกษาอื่นๆ นั้น พบว่าค่อนข้างสอดคล้องกับการศึกษาของ เมทินี วรรณวิจิตร (2548) ซึ่งศึกษาสารประกอบพีเอเอช โดยวิเคราะห์ทางเคมีด้วยเครื่อง GC/MS ได้ทำการวิเคราะห์ Recovery Test ของสารประกอบพีเอเอชทั้ง 16 ชนิด (Nap-BghiP) พบว่า มีค่าอยู่ระหว่างร้อยละ 1.81-133.78 แต่สารประกอบพีเอเอช

ตั้งแต่ชนิด Phe-BghiP มีค่าระหว่างร้อยละ 78.48-133.78 ส่วนสารประกอบพีเอเอชชนิด Nap, Acy, Ace และ Flu มีค่าค่อนข้างต่ำ (ร้อยละ 1.81-13.49) นอกจากนี้จากการศึกษาของ Bi et al. (2005) ได้วิเคราะห์หาสารประกอบพีเอเอชด้วยเครื่อง GC/MS โดยทำการวิเคราะห์ Recovery Test ของสารประกอบพีเอเอชทั้ง 16 ชนิด (Nap-BghiP) พบว่า มีค่าอยู่ระหว่างร้อยละ 39-101

4.2 การศึกษาความเข้มข้นของฝุ่นละอองจากปล่องของโรงไฟฟ้าและในบรรยากาศทั่วไป

4.2.1 ความเข้มข้นของฝุ่นละอองรวมจากปล่องของโรงไฟฟ้า

ผลการตรวจวัดความเข้มข้นของฝุ่นละอองรวม (TSP) จากปล่องของโรงไฟฟ้าทั้ง 8 ปล่อง ในระหว่างวันที่ 8-19 พฤษภาคม 2549 พบว่า ความเข้มข้นของฝุ่น TSP ที่ตรวจวัดได้มีค่าอยู่ในช่วงระหว่าง 0.139-49.210 mg/m^3 (ภาพที่ 4.1) ทั้งนี้พบว่า ปล่องที่มีความเข้มข้นของฝุ่นละอองสูงสุด คือ ปล่องของหน่วยผลิต Thermal Unit 2 มีค่าเท่ากับ 49.210 mg/m^3 ซึ่งมีค่าไม่เกินมาตรฐานของฝุ่นละอองจากปล่องโรงไฟฟ้าใหม่ทุกขนาดที่ใช้แก๊สธรรมชาติเป็นเชื้อเพลิง ที่กำหนดว่าต้องมีค่าไม่เกิน 60 mg/m^3 (กระทรวงอุตสาหกรรม, 2547) ส่วนปล่องที่มีความเข้มข้นของฝุ่นละอองต่ำสุด คือ ปล่องของหน่วยผลิต Combine Unit 1-1 ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.139 mg/m^3 ทั้งนี้สาเหตุที่ปล่องของ Thermal Unit 2 มีค่าความเข้มข้นของฝุ่นละอองรวมสูงกว่าปล่องอื่นๆนั้น มีความสอดคล้องกับเชื้อเพลิงที่ใช้ในการผลิตกระแสไฟฟ้าโดยในระหว่างที่ทำการเก็บตัวอย่างจากปล่องดังกล่าวนั้น ได้มีการใช้น้ำมันเตาและแก๊สธรรมชาติเป็นเชื้อเพลิงในการผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยสัดส่วนของน้ำมันเตาและแก๊สธรรมชาติมีค่าเท่ากับร้อยละ 4.00 และ 96.00 ตามลำดับ (ตารางที่ 4.4) ในขณะที่ปล่องอื่นๆ ใช้แก๊สธรรมชาติเป็นเชื้อเพลิงในการผลิตเพียงอย่างเดียว



ภาพที่ 4.1 ความเข้มข้นของฝุ่นละอองรวมที่ปล่อยออกมาจากปล่องทั้ง 8 ของโรงไฟฟ้า

ตารางที่ 4.4 การใช้เชื้อเพลิงในการผลิตกระแสไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าขณะทำการเก็บตัวอย่างฝุ่น TSP (มหาวิทยาลัยราชภัฏหมู่บ้านจอมบึง, 2549)

หน่วยผลิต	การใช้เชื้อเพลิง (ร้อยละ)	
	แก๊สธรรมชาติ	น้ำมันเตา
Thermal Unit 1	100	-
Thermal Unit 2	96.00	4.00
Combine Unit 1-1	100	-
Combine Unit 1-2	100	-
Combine Unit 2-1	100	-
Combine Unit 2-2	100	-
Combine Unit 3-1	100	-
Combine Unit 3-2	100	-

4.2.2 ความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนในบรรยากาศจากจุดเก็บตัวอย่างโดยรอบโรงไฟฟ้า

ผลการตรวจวัดความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน (PM_{10}) เฉลี่ย 24 ชั่วโมง จากพื้นที่ศึกษาทั้ง 5 จุด รัศมี 20 กิโลเมตรโดยรอบโรงไฟฟ้า ระหว่างเดือนมกราคม ถึงเดือนกรกฎาคม 2549 จำนวน 8 ครั้ง โดยมีจำนวนตัวอย่างทั้งหมด 32 ตัวอย่าง พบว่า ความเข้มข้นของฝุ่น PM_{10} ที่ตรวจวัดได้มีค่าอยู่ในช่วงระหว่าง 18.01-79.27 $\mu g/m^3$ (ตารางที่ 4.5) ทั้งนี้พบว่า จุดที่มีความเข้มข้นของฝุ่น PM_{10} สูงสุด คือ บริเวณโรงเรียนบ้านหนองสองห้อง มีค่าเท่ากับ 79.27 $\mu g/m^3$ ซึ่งมีค่าไม่เกินมาตรฐานของฝุ่น PM_{10} ในบรรยากาศทั่วไป ที่กำหนดว่าต้องมีค่าไม่เกิน 120 $\mu g/m^3$ (กรมควบคุมมลพิษ, 2547) ขณะเดียวกันความเข้มข้นของฝุ่น PM_{10} ต่ำสุดที่ตรวจวัดได้คือบริเวณนี้เช่นเดียวกัน ซึ่งมีค่าเท่ากับ 18.01 $\mu g/m^3$ ทั้งนี้รายละเอียดของผลการตรวจวัดในแต่ละจุดสามารถสรุปได้ดังต่อไปนี้

ผลการตรวจวัดความเข้มข้นเฉลี่ยของฝุ่น PM_{10} จากบริเวณโรงเรียนบ้านหนองสองห้อง พบว่ามีค่าเท่ากับ 37.80±23.63 $\mu g/m^3$ โดยความเข้มข้นสูงสุดที่ตรวจวัดได้มีค่าเท่ากับ 79.27 $\mu g/m^3$ และความเข้มข้นต่ำสุดที่ตรวจวัดได้มีค่าเท่ากับ 18.01 $\mu g/m^3$

ผลการตรวจวัดความเข้มข้นเฉลี่ยของฝุ่น PM_{10} จากบริเวณองค์การบริหารส่วนตำบลดอนทราย พบว่ามีค่าเท่ากับ 41.19±19.87 $\mu g/m^3$ โดยความเข้มข้นสูงสุดที่ตรวจวัดได้มีค่าเท่ากับ 72.63 $\mu g/m^3$ และความเข้มข้นต่ำสุดที่ตรวจวัดได้มีค่าเท่ากับ 23.70 $\mu g/m^3$

ผลการตรวจวัดความเข้มข้นเฉลี่ยของฝุ่น PM_{10} จากบริเวณโรงเรียนบ้านไร่ชาวเหนือ พบว่ามีค่าเท่ากับ 31.48±17.31 $\mu g/m^3$ โดยความเข้มข้นสูงสุดที่ตรวจวัดได้มีค่าเท่ากับ 70.09 $\mu g/m^3$ และความเข้มข้นต่ำสุดที่ตรวจวัดได้มีค่าเท่ากับ 19.19 $\mu g/m^3$

ผลการตรวจวัดความเข้มข้นเฉลี่ยของฝุ่น PM_{10} จากบริเวณองค์การบริหารส่วนตำบลคูบัว พบว่ามีค่าเท่ากับ 30.81±14.00 $\mu g/m^3$ โดยความเข้มข้นสูงสุดที่ตรวจวัดได้มีค่าเท่ากับ 61.42 $\mu g/m^3$ และความเข้มข้นต่ำสุดที่ตรวจวัดได้มีค่าเท่ากับ 25.35 $\mu g/m^3$

ผลการตรวจวัดความเข้มข้นเฉลี่ยของฝุ่น PM_{10} จากบริเวณโรงเรียนวัดอมรญาติสมาคม พบว่ามีค่าเท่ากับ 22.78±2.80 $\mu g/m^3$ โดยความเข้มข้นสูงสุดที่ตรวจวัดได้มีค่าเท่ากับ 24.40 $\mu g/m^3$ และความเข้มข้นต่ำสุดที่ตรวจวัดได้มีค่าเท่ากับ 19.55 $\mu g/m^3$

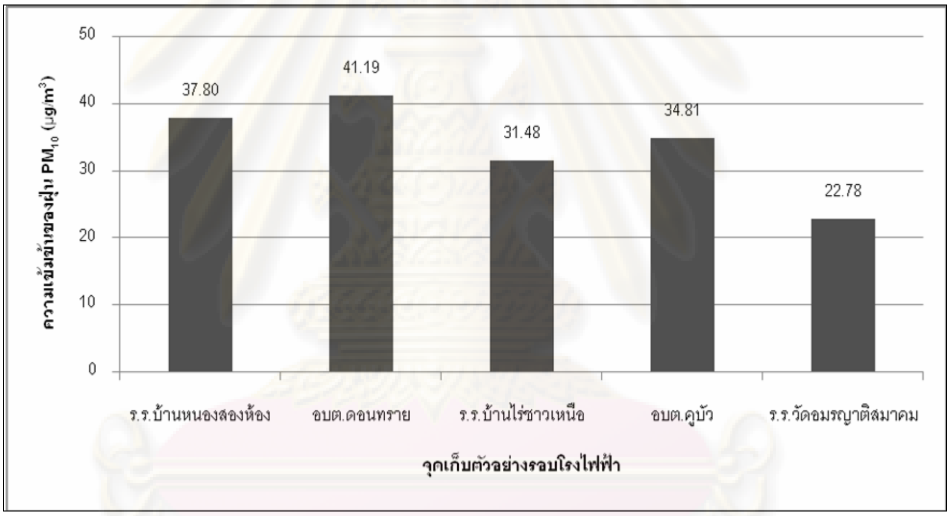
ตารางที่ 4.5 ความเข้มข้นของฝุ่น PM_{10} จากจุดเก็บตัวอย่างโดยรอบโรงไฟฟ้าทั้ง 5 จุด ในช่วงฤดูแล้งและฤดูฝน

พื้นที่ศึกษา	จำนวนตัวอย่าง	ค่าเฉลี่ย ($\mu g/m^3$)	ค่าต่ำสุด-ค่าสูงสุด ($\mu g/m^3$)
ร.ร.บ้านหนองสองห้อง	8	37.80±23.63[a]	18.01-79.27
อบต.ดอนทราย	8	41.19±19.87[a]	23.70-72.63
ร.ร.บ้านไร่ชาวเหนือ	8	31.48±17.31[a]	19.19-70.09
อบต.คูบัว	6	30.81±14.00[a]	25.35-61.42
ร.ร.วัดอมรญาติสมาคม	3	22.78±2.80[a]	19.55-24.40

หมายเหตุ: a คือ ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ทั้งนี้เมื่อทำการเปรียบเทียบค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของฝุ่น PM_{10} จากพื้นที่เก็บตัวอย่างทั้ง 5 แห่งนั้น พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (sig. = 0.628) โดยบริเวณองค์การบริหารส่วนตำบลดอนทรายมีค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของฝุ่น PM_{10} สูงที่สุดซึ่งมีค่าเท่ากับ 41.19 $\mu g/m^3$ จากจำนวนตัวอย่างทั้งหมด 8 ตัวอย่างที่เก็บจากพื้นที่นี้ ในขณะที่บริเวณที่มีความเข้มข้นเฉลี่ยของฝุ่น PM_{10} น้อยที่สุดคือบริเวณโรงเรียนวัดอมรญาติสมาคม ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 22.78 $\mu g/m^3$ จากจำนวนตัวอย่างทั้งหมด 3 ตัวอย่างเท่านั้น (ภาพที่ 4.2) โดยจะเห็นว่าค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของฝุ่น PM_{10} จากพื้นที่เก็บตัวอย่างทั้ง 5 แห่งมีค่าไม่แตกต่างกันนั้นเนื่องมาจากมีค่าความเข้มข้นของฝุ่น PM_{10} ที่สุดสูงในแต่ละจุดเก็บตัวอย่างเกิดขึ้นเพียงครั้งเดียว

เท่านั้น คือ ตัวอย่างที่เก็บในวันที่ 26-27 มกราคม 2549 หลังจากนั้นเป็นต้นมาทุกจุดเก็บตัวอย่างจะมีค่าความเข้มข้นของฝุ่น PM_{10} ใกล้เคียงกัน (ตารางที่ ก-2 และ ก-3 ในภาคผนวก ก) ทั้งนี้เป็นผลสืบเนื่องมาจากกระบวนการชะล้างของฝน (ตารางที่ ค-11 ในภาคผนวก ค) ซึ่งจากข้อมูลปริมาณน้ำฝนในพื้นที่ศึกษาของเดือนมกราคม 2549 (กรมอุตุนิยมวิทยา, 2549) นั้น พบว่าเป็นเดือนที่ไม่มีฝนตกเลยทั้งในช่วงก่อนทำการเก็บตัวอย่างและหลังการเก็บตัวอย่างจากทุกจุด แต่เริ่มมีฝนตกลงมาตั้งแต่เดือนกุมภาพันธ์ 2549 เป็นต้นมา จึงเป็นสาเหตุที่ทำให้ความเข้มข้นของฝุ่น PM_{10} จากทุกจุดเก็บตัวอย่างในบริเวณโดยรอบโรงไฟฟ้าของเดือนมกราคม 2549 มีค่าแตกต่างจากตัวอย่างที่เก็บในครั้งต่อมาอย่างชัดเจน ซึ่งมีความสอดคล้องกับค่าความเข้มข้นของฝุ่น PM_{10} จากบรรยากาศทั่วไปของจังหวัดที่ทำการศึกษาซึ่งทำการตรวจวัดโดยกรมควบคุมมลพิษ (ตารางที่ 4.6) ซึ่งแสดงให้เห็นว่าค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของฝุ่น PM_{10} ในเดือนมกราคม 2549 มีค่าสูงกว่าในเดือนอื่นๆ เช่นกัน



ภาพที่ 4.2 ความเข้มข้นเฉลี่ยของฝุ่น PM_{10} จากจุดเก็บตัวอย่างโดยรอบโรงไฟฟ้าทั้ง 5 แห่ง

ตารางที่ 4.6 ความเข้มข้นของฝุ่น PM_{10} ของจังหวัดที่ทำการศึกษา (กรมควบคุมมลพิษ, 2549)

เดือน	ค่าเฉลี่ย (µg/m^3)	ค่าต่ำสุด-ค่าสูงสุด (µg/m^3)
มกราคม 2549	54.8	23.5-78.7
กุมภาพันธ์ 2549	38.1	16.2-63.9
มีนาคม 2549	23.0	14.6-38.5
เมษายน 2549	19.3	12.1-34.2
พฤษภาคม 2549	20.0	8.7-31.3
มิถุนายน 2549	22.9	15.6-44.4
กรกฎาคม 2549	27.9	21.3-35.6

4.2.3 ความเข้มข้นของฝุ่น PM_{10} ในบรรยากาศจากสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศแบบต่อเนื่องของโรงไฟฟ้า

ทำการตรวจวัดความเข้มข้นของฝุ่น PM_{10} จากสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศแบบต่อเนื่องของโรงไฟฟ้า ซึ่งรายงานค่าความเข้มข้นของฝุ่น PM_{10} ทุกชั่วโมง โดยสถานีตรวจวัดอากาศดังกล่าวตั้งอยู่โดยรอบโรงไฟฟ้าทั้ง 4 แห่ง ซึ่งได้แก่ วัดนักบุญอันตนนีโอ, วัดบางกระโด, วัดโพธิ์ราษฎร์บูรณะ และวัดชาวเหนือ โดยได้เก็บข้อมูลการตรวจวัดในวันที่ 24-25 มีนาคม 2549 และวันที่ 6-7 พฤษภาคม 2549 ซึ่งจัดอยู่ในช่วงฤดูแล้ง (มกราคม-พฤษภาคม พ.ศ. 2549) และนำผลการศึกษาทั้ง 2 ครั้งมารายงานรวมกัน

ผลการตรวจวัดความเข้มข้นของฝุ่น PM_{10} จากสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศแบบต่อเนื่องของโรงไฟฟ้า พบว่า ความเข้มข้นของฝุ่น PM_{10} ที่ตรวจวัดได้มีค่าอยู่ในช่วงระหว่าง 21.17-42.46 µg/m^3 (ตารางที่ 4.7) ทั้งนี้พบว่า จุดที่มีความเข้มข้นของฝุ่น PM_{10} สูงสุด คือ บริเวณวัดโพธิ์ราษฎร์บูรณะ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 42.46 µg/m^3 ซึ่งมีค่าไม่เกินมาตรฐานของฝุ่น PM_{10} ในบรรยากาศทั่วไป ที่กำหนดว่าต้องมีค่าไม่เกิน 120 µg/m^3 (กรมควบคุมมลพิษ, 2547) ส่วนจุดที่มีความเข้มข้นของฝุ่น PM_{10} ต่ำสุด คือ บริเวณวัดชาวเหนือ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 21.17 µg/m^3 ทั้งนี้รายละเอียดของผลการตรวจวัดในแต่ละจุดสามารถสรุปได้ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 4.7 ความเข้มข้นของฝุ่น PM_{10} จากสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศแบบต่อเนื่องของโรงไฟฟ้าในฤดูแล้ง

พื้นที่ศึกษา	จำนวนตัวอย่าง	ค่าเฉลี่ย (µg/m^3)	ค่าต่ำสุด-ค่าสูงสุด (µg/m^3)
วัดนักบุญอันตนนีโอ	4	30.68±3.91[a]	25.04-34.05
วัดบางกระโด	4	34.33±3.14[a]	30.79-37.50
วัดโพธิ์ราษฎร์บูรณะ	4	34.26±6.58[a]	26.92-42.46
วัดชาวเหนือ	4	30.76±6.59[a]	21.17-36.21

หมายเหตุ: a คือ ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

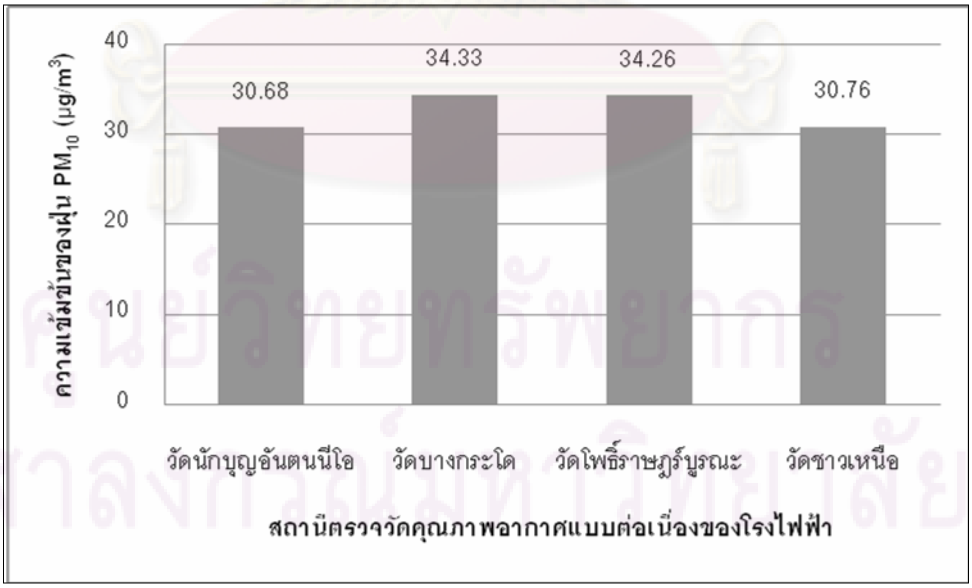
ผลการตรวจวัดความเข้มข้นเฉลี่ยของฝุ่น PM_{10} จากบริเวณวัดนักบุญอันตนนีโอ พบว่ามีค่าเท่ากับ 30.68±3.91 µg/m^3 โดยความเข้มข้นสูงสุดที่ตรวจวัดได้มีค่าเท่ากับ 34.05 µg/m^3 และความเข้มข้นต่ำสุดที่ตรวจวัดได้มีค่าเท่ากับ 25.04 µg/m^3

ผลการตรวจวัดความเข้มข้นเฉลี่ยของฝุ่น PM_{10} จากบริเวณวัดบางกระโด พบว่ามีค่าเท่ากับ 34.33±3.14 μg/m^3 โดยความเข้มข้นสูงสุดที่ตรวจวัดได้มีค่าเท่ากับ 37.50 μg/m^3 และความเข้มข้นต่ำสุดที่ตรวจวัดได้มีค่าเท่ากับ 30.79 μg/m^3

ผลการตรวจวัดความเข้มข้นเฉลี่ยของฝุ่น PM_{10} บริเวณวัดโพธิ์ราษฎร์บูรณะ พบว่ามีค่าเท่ากับ 34.26±6.58 μg/m^3 โดยความเข้มข้นสูงสุดที่ตรวจวัดได้มีค่าเท่ากับ 42.46 μg/m^3 และความเข้มข้นต่ำสุดที่ตรวจวัดได้มีค่าเท่ากับ 26.92 μg/m^3

ผลการตรวจวัดความเข้มข้นเฉลี่ยของฝุ่น PM_{10} บริเวณวัดชาวเหนือ พบว่ามีค่าเท่ากับ 30.76±6.59 μg/m^3 โดยความเข้มข้นสูงสุดที่ตรวจวัดได้มีค่าเท่ากับ 36.21 μg/m^3 และความเข้มข้นต่ำสุดที่ตรวจวัดได้มีค่าเท่ากับ 21.17 μg/m^3

ทั้งนี้เมื่อทำการเปรียบเทียบค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของฝุ่น PM_{10} จากพื้นที่เก็บตัวอย่างทั้ง 4 แห่งนั้น พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (sig. = 0.622) โดยบริเวณวัดบางกระโดมีค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของฝุ่น PM_{10} สูงที่สุดซึ่งมีค่าเท่ากับ 34.33 μg/m^3 ในขณะที่บริเวณที่มีความเข้มข้นเฉลี่ยของฝุ่น PM_{10} น้อยที่สุดคือบริเวณวัดนักบุญอันตนนีโอ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 30.68 μg/m^3 (ภาพที่ 4.3) ทั้งนี้ เนื่องมาจากทุกสถานีมีที่ตั้งเป็นพื้นที่สาธารณะ (ศาสนสถาน) จึงมีลักษณะการทำกิจกรรมที่ค่อนข้างคล้ายคลึงกัน แต่อาจมีความถี่ของกิจกรรมแตกต่างกันไปบ้าง จึงทำให้ค่าความเข้มข้นของฝุ่น PM_{10} ไม่แตกต่างกันอย่างชัดเจน



ภาพที่ 4.3 ความเข้มข้นเฉลี่ยของฝุ่น PM_{10} จากสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศแบบต่อเนื่องของโรงไฟฟ้าทั้ง 4 แห่ง

4.2.4 การเปรียบเทียบความเข้มข้นของฝุ่น PM_{10} ในบรรยากาศตามฤดูกาล

จากผลการศึกษาในหัวข้อ 4.2.2 มาทำการเปรียบเทียบความเข้มข้นของฝุ่น PM_{10} โดยแบ่งออกเป็น 2 ฤดูกาล ได้แก่ ฤดูแล้ง (มกราคม-พฤษภาคม พ.ศ. 2549) และฤดูฝน (มิถุนายน-กรกฎาคม พ.ศ. 2549) พบว่า ความเข้มข้นเฉลี่ยของฝุ่น PM_{10} ในช่วงฤดูแล้งมีค่าสูงกว่าในช่วงฤดูฝน (ตารางที่ 4.8-4.9) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ ชูชัย หล่อนิมิตดี และปาจรีย์ ทองสนิท (2548) ซึ่งทำการเก็บตัวอย่างฝุ่น PM_{10} ในเมืองพิษณุโลก พบว่า ค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของฝุ่น PM_{10} จากทุกจุดเก็บตัวอย่างของฤดูแล้งมีค่าสูงกว่าในฤดูฝน โดยรายละเอียดในแต่ละพื้นที่ศึกษามีดังต่อไปนี้

ผลการตรวจวัดความเข้มข้นเฉลี่ยของฝุ่น PM_{10} จากบริเวณโรงเรียนบ้านหนองสองห้อง ทั้งในช่วงฤดูแล้งและฤดูฝน พบว่า ช่วงฤดูแล้งมีค่าความเข้มข้นเฉลี่ยเท่ากับ 49.31 $\mu g/m^3$ ในขณะที่ช่วงฤดูฝนมีค่าเท่ากับ18.60 $\mu g/m^3$ ทั้งนี้พบว่าความเข้มข้นเฉลี่ยของฝุ่น PM_{10} ทั้งสองฤดูมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (sig. = 0.002) โดยความเข้มข้นของฝุ่น PM_{10} ในช่วงฤดูฝนมีค่าลดลงร้อยละ 62.28

ผลการตรวจวัดความเข้มข้นเฉลี่ยของฝุ่น PM_{10} จากบริเวณองค์การบริหารส่วนตำบลดอนทราย ทั้งในช่วงฤดูแล้งและฤดูฝน พบว่า ช่วงฤดูแล้งมีค่าความเข้มข้นเฉลี่ยเท่ากับ 50.45 $\mu g/m^3$ ในขณะที่ช่วงฤดูฝนมีค่าเท่ากับ 25.75 $\mu g/m^3$ ทั้งนี้พบว่าความเข้มข้นเฉลี่ยของฝุ่น PM_{10} ทั้งสองฤดูมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (sig. = 0.043) โดยความเข้มข้นของฝุ่น PM_{10} ในช่วงฤดูฝนมีค่าลดลงร้อยละ 48.96

ผลการตรวจวัดความเข้มข้นเฉลี่ยของฝุ่น PM_{10} จากบริเวณโรงเรียนบ้านไร่ชาวเหนือ ทั้งในช่วงฤดูแล้งและฤดูฝน พบว่า ช่วงฤดูแล้งมีค่าความเข้มข้นเฉลี่ยเท่ากับ 37.11 $\mu g/m^3$ ในขณะที่ช่วงฤดูฝนมีค่าเท่ากับ 22.10 $\mu g/m^3$ ทั้งนี้พบว่าความเข้มข้นเฉลี่ยของฝุ่น PM_{10} ทั้งสองฤดูมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (sig. = 0.058) โดยความเข้มข้นของฝุ่น PM_{10} ในช่วงฤดูฝนมีค่าลดลงร้อยละ 40.45

ผลการตรวจวัดความเข้มข้นเฉลี่ยของฝุ่น PM_{10} จากบริเวณองค์การบริหารส่วนตำบลคูบัว ทั้งในช่วงฤดูแล้งและฤดูฝน พบว่า ช่วงฤดูแล้งมีค่าความเข้มข้นเฉลี่ยเท่ากับ 42.33 $\mu g/m^3$ ในขณะที่ช่วงฤดูฝนมีค่าเท่ากับ 27.29 $\mu g/m^3$ ทั้งนี้พบว่าความเข้มข้นเฉลี่ยของฝุ่น PM_{10} ทั้งสองฤดูมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (sig. = 0.083) โดยความเข้มข้นของฝุ่น PM_{10} ในช่วงฤดูฝนมีค่าลดลงร้อยละ 35.53

ตารางที่ 4.8 ความเข้มข้นของฝุ่น PM_{10} จากจุดเก็บตัวอย่างโดยรอบโรงไฟฟ้าในฤดูแล้ง

พื้นที่ศึกษา	จำนวนตัวอย่าง	ค่าเฉลี่ย ($\mu g/m^3$)	ค่าต่ำสุด-ค่าสูงสุด ($\mu g/m^3$)
ร.ร.บ้านหนองสองห้อง	5	49.31±23.13[a]	30.26-79.27
อบต.ดอนทราย	5	50.45±20.12[a]	23.70-72.63
ร.ร.บ้านไร่ชาวเหนือ	5	37.11±20.39[a]	24.48-70.09
อบต.คูบัว	3	42.33±17.79[a]	26.21-61.42

หมายเหตุ: a คือ ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ตารางที่ 4.9 ความเข้มข้นของฝุ่น PM_{10} จากจุดเก็บตัวอย่างโดยรอบโรงไฟฟ้าในฤดูฝน

พื้นที่ศึกษา	จำนวนตัวอย่าง	ค่าเฉลี่ย ($\mu g/m^3$)	ค่าต่ำสุด-ค่าสูงสุด ($\mu g/m^3$)
ร.ร.บ้านหนองสองห้อง	3	18.60±0.96[a]	18.01-19.17
อบต.ดอนทราย	3	25.75±1.05[b]	24.54-26.36
ร.ร.บ้านไร่ชาวเหนือ	3	22.10±2.52[a]	19.19-23.55
อบต.คูบัว	3	27.29±1.68[b]	25.35-28.26
ร.ร.วัดอมรญาติสมาคม	3	22.78±2.80[a]	19.55-24.40

หมายเหตุ: a คือ ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95
b คือ พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ผลการตรวจวัดความเข้มข้นเฉลี่ยของฝุ่น PM_{10} จากบริเวณโรงเรียนวัดอมรญาติสมาคมนั้น ได้ทำการเก็บตัวอย่างเฉพาะในช่วงฤดูฝนเท่านั้น โดยมีค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของฝุ่น PM_{10} เท่ากับ 22.78 $\mu g/m^3$ เนื่องจากจุดเก็บตัวอย่างบริเวณนี้ได้ทำการเก็บตัวอย่างเพิ่มเติมในภายหลังเพราะได้รับข้อร้องเรียนจากประชาชนในพื้นที่ดังกล่าวว่ามีปริมาณฝุ่นละอองในบรรยากาศมาก

ทั้งนี้พบว่าความเข้มข้นเฉลี่ยของฝุ่น PM_{10} จากพื้นที่เก็บตัวอย่างทั้ง 5 แห่งในช่วงฤดูแล้งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (sig. = 0.664) แต่ในฤดูฝนพบว่ามีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (sig. = 0.002) โดยบริเวณองค์การบริหารส่วนตำบลคูบัวซึ่งมีค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของฝุ่น PM_{10} สูงที่สุด (27.29

µg/m^3) ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันกับบริเวณองค์การบริหารส่วนตำบลดอนทราย แต่มีค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของฝุ่น PM_{10} แตกต่างจากอีก 3 แห่ง กล่าวคือ องค์การบริหารส่วนตำบลดอนทรายมีค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของฝุ่น PM_{10} เท่ากับ 25.75 µg/m^3 ในขณะที่บริเวณโรงเรียนวัดอมรญาติสมาคม โรงเรียนบ้านไร่ชาวเหนือ และโรงเรียนบ้านหนองสองห้อง (ซึ่งมีค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของฝุ่น PM_{10} ต่ำที่สุด) มีค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของฝุ่น PM_{10} เท่ากับ 22.78, 22.10 และ 18.06 µg/m^3 ตามลำดับ

ตารางที่ 4.10 เปรียบเทียบความเข้มข้นของฝุ่น PM_{10} จากจุดเก็บตัวอย่างโดยรอบโรงไฟฟ้ากับสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศแบบต่อเนื่องของโรงไฟฟ้าในฤดูแล้ง

คู่ที่	พื้นที่ศึกษาจากบริเวณโดยรอบโรงไฟฟ้า	ค่าเฉลี่ย (µg/m^3)	พื้นที่ศึกษาจากสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศแบบต่อเนื่อง	ค่าเฉลี่ย (µg/m^3)
1	อบต.ดอนทราย	48.16±34.60[b]	วัดบางกระโด	34.33±3.14[b]
2	ร.ร.บ้านไร่ชาวเหนือ	33.81±14.19[a]	วัดชาวเหนือ	30.76±6.59[a]
3	อบต.คูบัว	32.79±9.29[a]	วัดโพธิ์ราษฎร์บูรณะ	34.26±6.58[a]

หมายเหตุ: a คือ ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95
b คือ พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

นอกจากนั้นเมื่อทำการเปรียบเทียบค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของฝุ่น PM_{10} ในฤดูแล้งจากจุดเก็บตัวอย่างโดยรอบโรงไฟฟ้า (เฉพาะเดือนมีนาคมกับพฤษภาคม 2549) กับค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของฝุ่น PM_{10} จากสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศแบบต่อเนื่องของโรงไฟฟ้า ซึ่งตั้งอยู่ในบริเวณใกล้เคียงกัน สามารถนำค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของฝุ่น PM_{10} นำมาเปรียบเทียบได้ 3 คู่ (ตารางที่ 4.10) พบว่า ในคู่ที่ 1 คือ บริเวณองค์การบริหารส่วนตำบลดอนทรายและวัดบางกระโด มีค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของฝุ่น PM_{10} แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (sig. = 0.000) ในขณะเดียวกัน พบว่า คู่ที่ 2 คือ บริเวณโรงเรียนบ้านไร่ชาวเหนือและวัดชาวเหนือ และคู่ที่ 3 คือ บริเวณองค์การบริหารส่วนตำบลคูบัวและวัดโพธิ์ราษฎร์บูรณะนั้น ค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของฝุ่น PM_{10} ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (sig. = 0.123 และ 0.543 ตามลำดับ) ทั้งนี้ เมื่อพิจารณาถึงทิศทางลมในช่วงที่ดำเนินการเก็บตัวอย่างของฤดูร้อน (เฉพาะเดือนมีนาคมกับพฤษภาคม 2549) พบว่า ทิศทางลมที่พัดส่วนใหญ่มาจากทิศตะวันออกเฉียงใต้ (SE) และทิศใต้ (S) ในทุกจุดเก็บตัวอย่าง (ภาพที่ ค-2 ในภาคผนวก ค) เนื่องจากในช่วงเวลาดังกล่าวเป็นช่วงเปลี่ยนจากลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือเป็นลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้และอาจมีลมทะเลจากอ่าวไทยมาเกี่ยวข้องด้วย ดังนั้น ทิศทางลมจึงไม่น่าจะเป็นสาเหตุหลักที่ทำให้ค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของฝุ่น PM_{10} ของคู่ที่ 1 แตกต่างกัน แต่อาจมีสาเหตุมา

จากบริเวณที่ตั้งขององค์การบริหารส่วนตำบลดอนทรายนั้นตั้งอยู่ใกล้กับถนน และบริเวณที่ตั้งเครื่องมือตรวจวัดนั้นเป็นสนามหญ้า โดยอาจทำให้บริเวณจุดเก็บตัวอย่างนี้ได้รับอิทธิพลฝุ่น PM_{10} มาจากการจราจรและการฟุ้งกระจายของฝุ่นดินเข้ามาเกี่ยวข้องด้วย ซึ่งแตกต่างจากบริเวณองค์การบริหารส่วนตำบลคูบัวซึ่งจัดเป็นสถานที่ราชการประเภทเดียวกัน แต่กลับพบค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของฝุ่น PM_{10} น้อยกว่านั้น เนื่องมาจากบริเวณลานใกล้จุดที่ตั้งเครื่องตรวจวัดนั้นเป็นลานคอนกรีต จึงลดปัจจัยการฟุ้งกระจายของฝุ่นดินที่อาจส่งผลกระทบได้

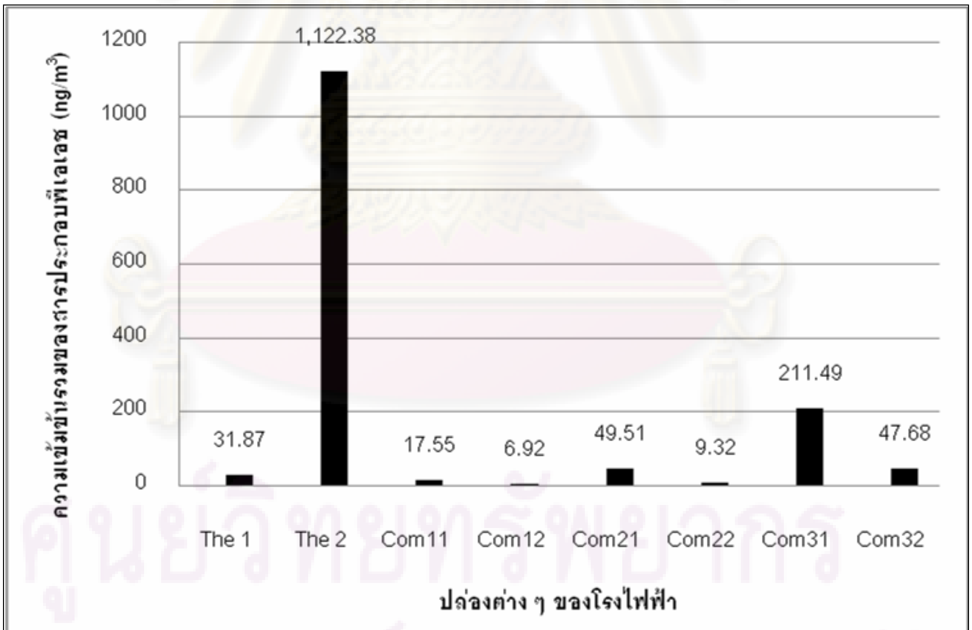
4.3 การศึกษาความเข้มข้นและรูปแบบการกระจายตัวของสารประกอบพีเอเอช

4.3.1 ความเข้มข้นและรูปแบบการกระจายตัวของสารประกอบพีเอเอชจากปล่องของโรงไฟฟ้า

ผลการศึกษาความเข้มข้นรวมของสารประกอบพีเอเอชทั้ง 16 ชนิด (Total PAHs) จากปล่องของโรงไฟฟ้าทั้ง 8 ปล่อง ซึ่งทำการเก็บตัวอย่างปล่องละ 1 ครั้ง ในระหว่างวันที่ 8-19 พฤษภาคม 2549 พบว่า ความเข้มข้นรวมของสารประกอบพีเอเอชที่ตรวจวัดได้มีค่าอยู่ในช่วงระหว่าง 6.92-1,122.38 ng/m^3 และมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 187.09 ng/m^3 (ภาพที่ 4.4) ทั้งนี้พบว่าปล่องที่มีความเข้มข้นรวมของสารประกอบพีเอเอชสูงสุด คือ ปล่องของหน่วยผลิต Thermal Unit 2; The 2 ซึ่งมีค่าเท่ากับ 1,122.38 ng/m^3 รองลงมา คือ ปล่องของหน่วยผลิต Combine Unit 3-1; Com 31 ซึ่งมีค่าความเข้มข้นรวมของสารประกอบพีเอเอชเท่ากับ 211.5 ng/m^3 ส่วนปล่องที่มีความเข้มข้นรวมของสารประกอบพีเอเอชต่ำสุด คือ ปล่องของหน่วยผลิต Combine Unit 1-2; Com12 ซึ่งมีค่าเท่ากับ 6.92 ng/m^3 ทั้งนี้ สาเหตุที่ปล่องของหน่วยผลิต The 2 และปล่องของหน่วยผลิต Com 31 มีค่าความเข้มข้นรวมของสารประกอบพีเอเอชสูงกว่าปล่องอื่นๆนั้น มีความสอดคล้องกับเชื้อเพลิงที่ใช้ในการผลิตกระแสไฟฟ้า โดยในระหว่างที่ทำการเก็บตัวอย่างจากปล่องของหน่วยผลิต The 2 นั้น ได้มีการใช้น้ำมันเตาและแก๊สธรรมชาติเป็นเชื้อเพลิงในการผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยสัดส่วนของน้ำมันเตาและแก๊สธรรมชาติมีค่าเท่ากับร้อยละ 4.00 และ 96.00 ตามลำดับ ซึ่งอาจชี้ให้เห็นว่าการเผาไหม้เชื้อเพลิงที่มีส่วนผสมของน้ำมันเตาทำให้ค่าความเข้มข้นรวมของสารประกอบพีเอเอชสูงขึ้น ในขณะที่ปล่องอื่นๆ นั้นใช้แก๊สธรรมชาติเป็นเชื้อเพลิงในการผลิตเพียงอย่างเดียว แต่ค่าความเข้มข้นรวมของสารประกอบพีเอเอชจากปล่องของหน่วยผลิต Com 31 นั้น มีค่าแตกต่างจากปล่องอื่นๆ เนื่องมาจากหน่วยผลิตนี้มีการใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิงในการผลิตกระแสไฟฟ้าร่วมกับการใช้แก๊สธรรมชาติในช่วงวันที่ 21-22 เมษายน 2549 ซึ่งเป็นช่วงเวลาก่อนการเก็บตัวอย่างอากาศจากปล่องดังกล่าว จึงอาจมีส่วนของน้ำมันดีเซลบางส่วนคงค้างอยู่ในระบบ ทำให้ค่าความเข้มข้นรวมของสารประกอบพีเอเอชจากปล่องของหน่วยผลิตนี้มีค่าสูงกว่าปล่องอื่นๆ ที่ใช้แก๊สธรรมชาติเป็นเชื้อเพลิงเช่นกัน ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Li et al. (1999) ที่ได้ทำการศึกษาหาสารประกอบพีเอเอช 21 ชนิดจากปล่องของโรงงานอุตสาหกรรมที่ใช้น้ำมันเตาและแก๊สธรรมชาติเป็นเชื้อเพลิง ในไต้หวัน พบว่า ค่าความเข้มข้นรวมของสารประกอบพีเอเอชมีค่าอยู่ในช่วง 65.5-165.3 μg/m^3 และมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 103.3 μg/m^3 ซึ่งผลจากการศึกษาดังกล่าวมีค่าความเข้มข้นรวมของสารประกอบพีเอเอชสูงกว่าผลการศึกษาในครั้งนี้มาก (ประมาณ 100 เท่า) มีสาเหตุมาจากในการศึกษาของ Li et al. (1999) นั้น มีอัตราส่วนการใช้เชื้อเพลิง คือ น้ำมันเตาร้อยละ 50.6 และแก๊สธรรมชาติร้อยละ 49.4 ตามลำดับ และในการศึกษาดังกล่าวยังทำการเก็บตัวอย่างอากาศจากปล่องทั้งในรูป pPAHs และ gas-PAHs อีกด้วย นอกจากนี้ Li et al. (1999) ยังได้ทำการศึกษาหาสารประกอบพีเอเอช 21 ชนิดจากปล่องของโรงงานอุตสาหกรรมที่ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง พบว่า ค่าความเข้มข้นรวมของสารประกอบพีเอเอชมีค่าอยู่ในช่วง 29.0-36.5 μg/m^3 และมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 33.0 μg/m^3 ซึ่งผลจากการศึกษาดังกล่าวมีค่าความเข้มข้นรวมของสารประกอบพีเอเอชสูงกว่าผลการศึกษาในครั้งนี้มาก (ประมาณ 150 เท่า) มีสาเหตุมาจากในการศึกษาของ Li et al. (1999) นั้น มีการใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิงเพียงอย่างเดียว ในขณะที่การศึกษาครั้งนี้นั้นมีแก๊สธรรมชาติเป็นเชื้อเพลิงแต่มีน้ำมันดีเซลคงค้างในระบบบ้างเท่านั้น

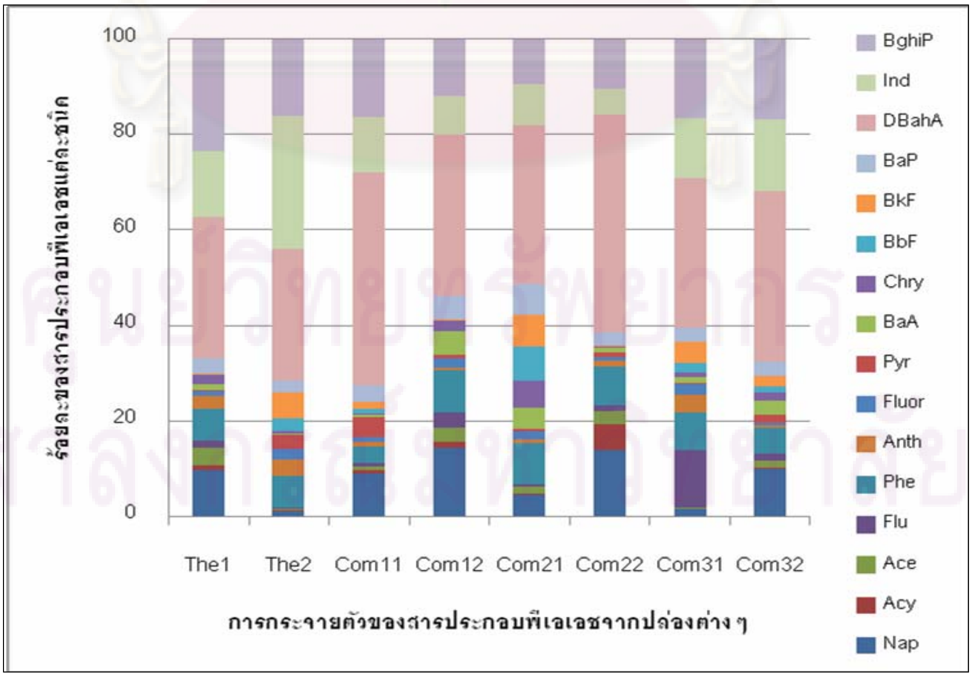


ภาพที่ 4.4 ความเข้มข้นรวมของสารประกอบพีเอเอชที่ปล่อยออกมาจากปล่องทั้ง 8 ของโรงไฟฟ้า

จากผลการศึกษาข้างต้น สามารถนำความเข้มข้นรวมของสารประกอบพีเอเอชมาคำนวณเป็นค่าสัดส่วนร้อยละของสารประกอบพีเอเอชแต่ละชนิด (ตารางที่ 4.11) เพื่อแสดงให้เห็นรูปแบบการกระจายตัวของสารประกอบพีเอเอชแต่ละชนิดที่เกาะติดกับอนุภาคในอากาศที่ปล่อย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ออกมาจากปล่องต่างๆของโรงไฟฟ้าได้ง่ายยิ่งขึ้น (ภาพที่ 4.5) ซึ่งผลการศึกษารูปแบบการกระจายตัวของสารประกอบพีเอเอชจากปล่องทั้ง 8 ของโรงไฟฟ้า พบว่า สารประกอบพีเอเอชแต่ละชนิดมีค่าสัดส่วนร้อยละอยู่ในช่วงตั้งแต่ 0.00-45.83 โดยชนิดของสารประกอบพีเอเอชที่พบมากที่สุด คือ DBahA (5 ring) รองลงมา คือ BghiP (6 ring) และ Ind (6 ring) ตามลำดับ ซึ่งคิดเป็นค่าเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 35.25, 15.09 และ 12.88 ตามลำดับ ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบจากการศึกษาที่ผ่านมามักพบสารประกอบพีเอเอชชนิด BghiP และ Ind ในแหล่งกำเนิดที่เป็นการเผาไหม้ด้วยน้ำมันดีเซลและน้ำมันเบนซีน (Simcik et al., 1999 และ Khalili et al., 1995) นอกจากสารประกอบพีเอเอชทั้งสองชนิดดังกล่าวแล้วการเผาไหม้ด้วยน้ำมันดีเซลและน้ำมันเบนซีนยังปล่อยสารประกอบพีเอเอชชนิด BbF และ BkF ออกมาด้วยเช่นกัน ส่วน BaP นั้นอาจพบได้ในการเผาไหม้ด้วยน้ำมันดีเซล ทั้งนี้จากรูปแบบการกระจายตัวของสารประกอบพีเอเอช (ภาพที่ 4.5) นั้นไม่พบ BbF และ BkF จากปล่องของหน่วยผลิต The 1, Com12 และ Com 22 ซึ่งอาจแสดงให้เห็นว่าการเผาไหม้ในปล่องดังกล่าวไม่ควรมีน้ำมันดีเซลและน้ำมันเบนซีนเป็นองค์ประกอบ นอกจากนี้ยังสามารถพบสารประกอบพีเอเอชที่มีมวลโมเลกุลต่ำ เช่น Nap และ Phe บ้าง แต่มีสัดส่วนน้อยกว่าสารประกอบพีเอเอชที่มีมวลโมเลกุลสูง ซึ่งสอดคล้องกับค่าอุณหภูมิไอเสียจากปล่อง โดยจากการศึกษาของ Chetwittayachan (2002) ที่ระบุว่า สารประกอบพีเอเอชจะอยู่ในสถานะแก๊สที่อุณหภูมิสูงกว่า 150 $^{\circ}$C และจะเกาะกับเถ้าลอยที่อุณหภูมิต่ำกว่านั้น ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้นั้นมีค่าอุณหภูมิไอเสียจากปล่องระหว่าง 90-128 $^{\circ}$C จึงทำให้สามารถพบสารประกอบพีเอเอชที่มีมวลโมเลกุลต่ำเกาะกับอนุภาคด้วย



ภาพที่ 4.5 ลักษณะการกระจายตัวของสารประกอบพีเอเอชแต่ละชนิดจากปล่องของโรงไฟฟ้า

ตารางที่ 4.11 ค่าร้อยละของสารประกอบพีเอเอชแต่ละชนิดที่ปล่อยออกมาจากปล่องของโรงไฟฟ้า

ชนิด	ค่าร้อยละของสารประกอบพีเอเอชแต่ละชนิด								
	The1	The2	Com11	Com12	Com21	Com22	Com31	Com32	ค่าเฉลี่ย
Nap	9.73	1.17	8.86	14.25	4.57	13.85	1.73	9.84	8.00
Acy	0.83	0.12	0.66	1.18	0.17	5.44	0.03	0.16	1.07
Ace	3.83	0.09	0.76	3.00	1.54	2.69	0.03	1.51	1.68
Flu	1.40	0.33	0.77	3.23	0.28	1.33	12.05	1.62	2.63
Phe	6.59	6.75	3.50	8.84	8.68	8.00	7.92	5.28	6.94
Anth	2.89	3.31	0.92	0.63	0.83	1.27	3.75	0.53	1.77
Fluor	0.90	2.22	1.09	1.90	1.69	0.77	2.23	0.63	1.43
Pyr	0.31	2.97	4.15	0.87	0.42	0.90	0.13	1.55	1.41
BaA	1.29	0.30	0.74	4.90	4.57	1.13	1.35	3.14	2.18
Chry	2.06	0.54	0.00	2.36	5.59	0.44	0.92	1.64	1.69
BbF	0.00	2.60	0.94	0.00	7.13	0.00	2.01	1.26	1.74
BkF	0.00	5.56	1.65	0.00	6.64	0.00	4.28	2.22	2.55
BaP	3.34	2.54	3.28	5.07	6.63	2.57	2.96	3.08	3.68
DBahA	29.54	27.51	44.88	33.74	33.37	45.83	31.41	35.76	35.25
Ind	13.77	28.03	11.54	8.19	8.47	5.32	12.64	15.05	12.88
BghiP	23.51	15.95	16.26	11.83	9.43	10.44	16.56	16.73	15.09

เมื่อเปรียบเทียบกับผลการศึกษาของ Li et al. (1999) พบว่า ชนิดของสารประกอบพีเอเอชที่พบมากที่สุด คือ Nap (2-ring) รองลงมา คือ Fluor (4-ring), Pyr (4-ring), Phe (3-ring), Flu (3-ring) และ Benzo[b]chrysene; BbC (5-ring) ตามลำดับ ซึ่งคิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 63.73, 21.36, 4.45, 3.01, 2.52 และ 1.12 ตามลำดับ ซึ่งในการศึกษาดังกล่าวนั้นพบสารประกอบพีเอเอชชนิด 2-3 ring คิดเป็นร้อยละ 89.10 ในขณะที่พบสารประกอบพีเอเอชชนิด 5-6 ring เพียงร้อยละ 2.80 เท่านั้น ทั้งนี้เนื่องมาจาก ในการศึกษาดังกล่าวนั้นได้ทำการเก็บตัวอย่างทั้งในรูปที่เป็น pPAHs และ gas-PAHs ซึ่งสารประกอบพีเอเอชที่มีมวลโมเลกุลต่ำ (2-3 ring) มักอยู่ในรูปแก๊ส (มากกว่าร้อยละ 90.0) มากกว่าเกาะอยู่บนอนุภาคฝุ่นละออง (Possanzini et al., 2004) ขณะที่การศึกษาครั้งนี้ได้ทำการเก็บตัวอย่างเฉพาะ pPAHs เท่านั้น ซึ่งส่วนใหญ่มักพบสารประกอบพีเอเอชที่มีมวลโมเลกุลสูง (4-6 ring) คิดเป็นร้อยละ 77.9 ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Garivait (1999) ที่พบว่า สารประกอบพีเอเอชที่มีวงอะโรมาติกตั้งแต่ 4 วงขึ้นไปนั้นส่วนใหญ่จะเกาะอยู่กับอนุภาคฝุ่นละออง โดยพบ BaA และ BeP อยู่ในรูปฝุ่นละอองร้อยละ 77 ทั้งสองชนิด ส่วน BaP, DBahA และ BghiP อยู่ในรูปฝุ่นละอองทั้งหมด

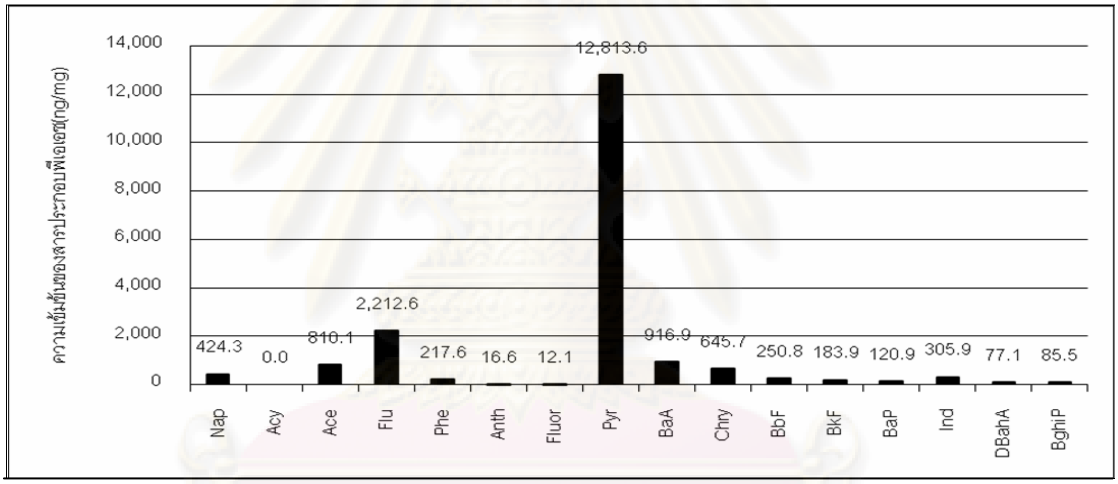
นอกจากนี้ จากการศึกษาของ ปาจรีย์ ทองสนิท (2545) ซึ่งได้ทำการเก็บตัวอย่างอากาศจากปล่องโรงงานอุตสาหกรรมน้ำดื่มในประเทศไทย 2 แห่ง (หัวหมากและรังสิต) ที่ใช้น้ำมันเตาเป็นเชื้อเพลิงเพื่อหาสารประกอบพีเอเอช 20 ชนิดในรูป pPAHs นั้นพบว่า ที่หัวหมากพบสารประกอบพีเอเอชแต่ละชนิดมีค่าสัดส่วนร้อยละอยู่ในช่วงตั้งแต่ 0.0-27.1 โดยมีสารประกอบพีเอเอชชนิดหลัก 5 ชนิด ได้แก่ BeP (5-ring), Pyr (4-ring), Fluor (4-ring), Flu (3-ring) และ Phe (3-ring) คิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 27.1, 20.1, 17.4, 11,1 และ 8.2 ตามลำดับ ในขณะที่ที่รังสิตพบสารประกอบพีเอเอชแต่ละชนิดมีค่าสัดส่วนร้อยละอยู่ในช่วง 0.0-26.4 โดยมีสารประกอบพีเอเอชชนิดหลัก 5 ชนิด ได้แก่ Phe (3-ring), BeP (5-rings), Pyr (4-ring), Fluor (4-ring) และ Nap (2-ring) คิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 26.4, 21.0, 17.3, 14,1 และ 7.2 ตามลำดับ ซึ่งแตกต่างจากการศึกษาครั้งนี้ที่พบสารประกอบพีเอเอชชนิด 5-6 rings เป็นส่วนใหญ่ ทั้งนี้เนื่องมาจากอุณหภูมิไอเสียจากปล่องที่แตกต่างกัน โดยจากการศึกษาของ ปาจรีย์ ทองสนิท (2545) นั้นมีอุณหภูมิเฉลี่ยของไอเสียจากปล่องเท่ากับ 82.0 ^{o}C แต่ในการศึกษาครั้งนี้มีอุณหภูมิไอเสียจากปล่องระหว่าง 90-128 ^{o}C มีผลทำให้สารประกอบพีเอเอชที่มีมวลโมเลกุลต่ำๆระเหยไปแล้ว จึงพบในสัดส่วนที่น้อยลง

Rogge et al. (1993) ซึ่งพบว่าการเผาไหม้ก๊าซธรรมชาติในอุปกรณ์ทำความร้อนในบ้านนั้นมีสารประกอบพีเอเอชสูงถึงร้อยละ 40 ของมวลสารอินทรีย์ที่ถูกชะออกมาจากกระดาษกรองได้ทั้งหมด (total elutable organic mass) โดยมีสัดส่วนของ Chrysene สูงสุด (ร้อยละ 40.2) รองลงมาได้แก่ Fluor (ร้อยละ 17.1) และ Pyr (ร้อยละ13.2) ตามลำดับ ซึ่งผลการศึกษาครั้งนี้มีส่วนที่แตกต่างกับของ Rogge et al. (1993) กล่าวคือ ในการศึกษาครั้งนี้กลับได้สัดส่วนของ DBahA สูงสุดในทุกตัวอย่างคือ ร้อยละ 28-45 แต่เนื่องจากการศึกษาของ Rogge et al. (1993) นั้นไม่ได้วิเคราะห์หาสารประกอบพีเอเอชชนิด DBahA จึงทำให้ผลของการศึกษาครั้งนี้แตกต่างจากการศึกษาของ Rogge et al. (1993) อยู่บ้าง

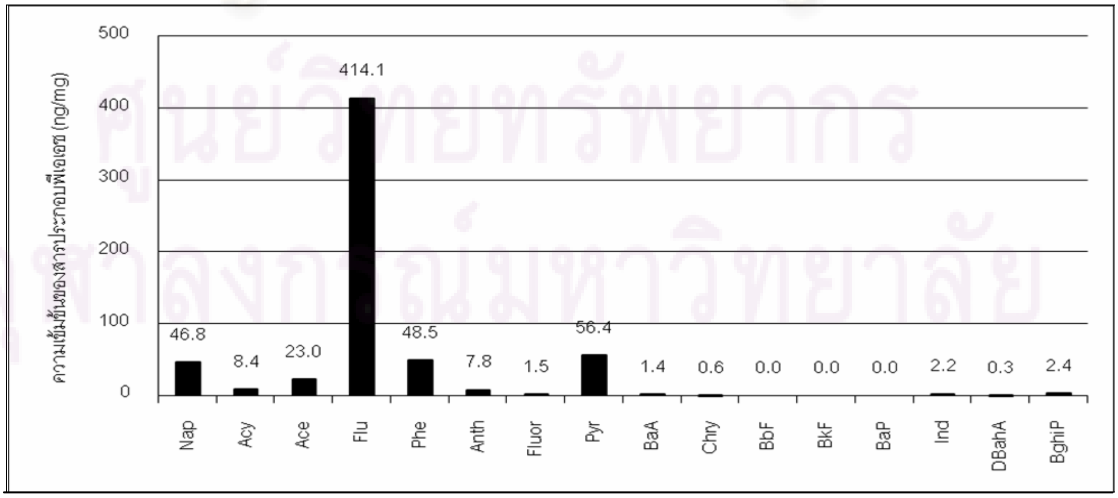
4.3.2 ความเข้มข้นและรูปแบบการกระจายตัวของสารประกอบพีเอเอชจากน้ำมันเชื้อเพลิงที่ใช้ในโรงไฟฟ้า

ผลการศึกษาความเข้มข้นรวมของสารประกอบพีเอเอชทั้ง 16 ชนิด จากน้ำมันเชื้อเพลิงของโรงไฟฟ้า คือ น้ำมันเตาและน้ำมันดีเซล ซึ่งจะใช้ในช่วงการ Start Up เท่านั้น พบว่าความเข้มข้นของรวมของสารประกอบพีเอเอชที่ตรวจวัดได้มีค่าเท่ากับ 19,093.8 ng/mg ในน้ำมันเตา และ 613.3 ng/mg ในน้ำมันดีเซล ตามลำดับ (ภาพที่ 4.6-4.7) ซึ่งเมื่อศึกษารูปแบบการกระจายตัวของสารประกอบพีเอเอช (ภาพที่ 4.8) จากน้ำมันเตา พบว่า ชนิดของสารประกอบพีเอเอชที่พบมากที่สุด คือ Pyr รองลงมา คือ Flu, DBahA, BbF และ Nap ตามลำดับ ซึ่งคิดเป็น

ค่าเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 52.17, 9.78, 6.68, 5.99 และ 5.08 ตามลำดับ สำหรับในน้ำมันดีเซลนั้น ชนิดของสารประกอบพีเอเอชที่พบมากที่สุด คือ Flu รองลงมา คือ Pyr, Nap, Phe และ Ace ตามลำดับ ซึ่งคิดเป็นค่าเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 67.50, 9.04, 8.25, 7.83 และ 3.49 ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับการศึกษาที่ผ่านมา พบว่า ชนิดของสารประกอบพีเอเอชในน้ำมันดีเซลจากการศึกษาครั้งนี้ค่อนข้างสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Lee et al. (1995) ซึ่งได้วิเคราะห์หาความเข้มข้นของสารประกอบพีเอเอชในน้ำมันเชื้อเพลิง 5 ชนิด จากสถานีบริการน้ำมันในเมือง Tainan ของประเทศไต้หวัน ได้แก่ Premier gasoline, 92 unleaded gasoline, 95 unleaded gasoline, two stroke gasoline และน้ำมันดีเซล พบว่า น้ำมันเชื้อเพลิงทั้ง 5 ชนิดมี Nap, Acy และ Ace เป็นส่วนประกอบหลัก (ประมาณร้อยละ 40) และพบว่า ค่าความเข้มข้นรวมของสารประกอบพีเอเอชที่มาจากน้ำมันดีเซลมีปริมาณสูงถึง 7,341±1,491 mg/l โดยชนิดของสารประกอบพีเอเอชที่พบมากที่สุดคือ Acy, Ace, Flu, Phe, Anth, Fluor, Pyr, Chry, BaA, Cor และ BkF

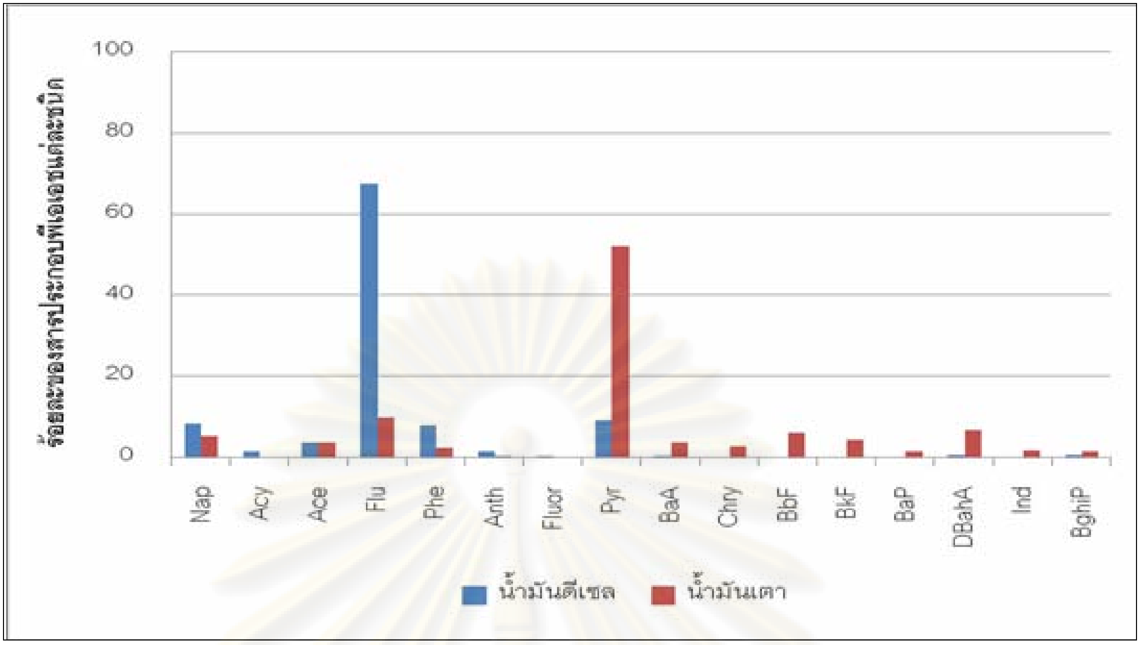


ภาพที่ 4.6 ความเข้มข้นของสารประกอบพีเอเอชแต่ละชนิดในน้ำมันเตา



ภาพที่ 4.7 ความเข้มข้นของสารประกอบพีเอเอชแต่ละชนิดในน้ำมันดีเซล

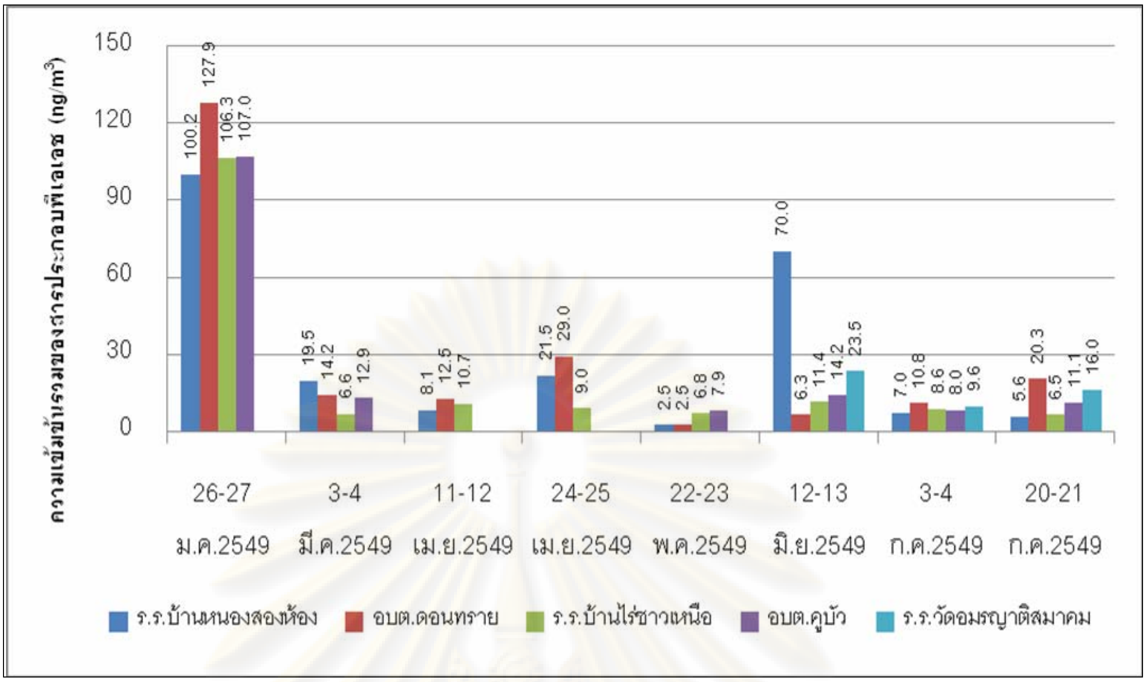
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาพที่ 4.8 ลักษณะการกระจายตัวของสารประกอบพีเอเอชในน้ำมันเชื้อเพลิงของโรงไฟฟ้า

4.3.3 ความเข้มข้นและรูปแบบการกระจายตัวของสารประกอบพีเอเอชจากจุดเก็บตัวอย่างอากาศโดยรอบโรงไฟฟ้า ทั้ง 5 จุด

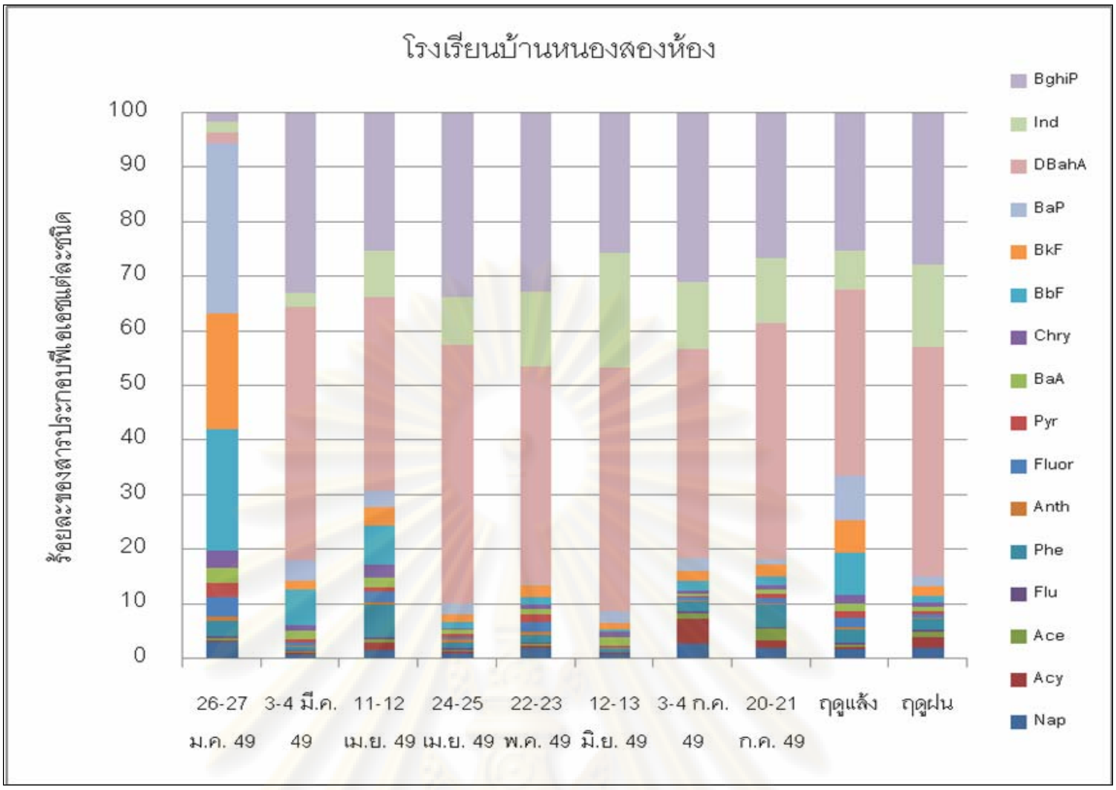
ในการศึกษาครั้งนี้ได้ทำการเก็บตัวอย่างฝุ่น PM_{10} จากอากาศโดยรอบโรงไฟฟ้าซึ่งการกำหนดจุดเก็บตัวอย่างได้จากการทำนายโดยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ISCST อันได้แก่ โรงเรียนบ้านหนองสองห้อง องค์การบริหารส่วนตำบลดอนทราย โรงเรียนบ้านไร่ชาวเหนือ และองค์การบริหารส่วนตำบลบ้านไร่ แต่เมื่อลงมือปฏิบัติงานได้มีการเปลี่ยนแปลงบ้างในบางตำแหน่ง คือที่ องค์การบริหารส่วนตำบลบ้านไร่ เนื่องจากมีการก่อสร้างในบริเวณข้างเคียงอันสามารถทำให้ค่าที่วัดได้คลาดเคลื่อนจากความเป็นจริง ดังนั้นการเก็บตัวอย่างครั้งละ 4 สถานีตามที่กำหนดไว้แต่ต้น จึงได้ปรับเป็น 3-5 สถานี โดยเปลี่ยนจุดเก็บตัวอย่างจาก องค์การบริหารส่วนตำบลบ้านไร่ เป็นองค์การบริหารส่วนตำบลคูบัว ตั้งแต่วันที่ 22 พฤษภาคม 2549 เป็นต้นไป และได้เพิ่มจุดเก็บตัวอย่างอีกหนึ่งจุดตั้งแต่วันที่ 12 มิถุนายน 2549 คือ โรงเรียนวัดอมรญาติสมาคม (Site E) ทั้งนี้ช่วงเวลาการเก็บตัวอย่างจากบริเวณโดยรอบโรงไฟฟ้า ทั้ง 5 จุด คือ เดือนมกราคม ถึงเดือนกรกฎาคม พ.ศ.2549 มีค่าความเข้มข้นรวม 24 ชั่วโมงของสารประกอบพีเอเอช จากทุกจุดเก็บตัวอย่างระหว่าง 2.5-127.9 ng/m^3 (ภาพที่ 4.9) โดยมีข้อมูลความเข้มข้นของสารประกอบพีเอเอชดังปรากฏในภาคผนวก ข (ตารางที่ ข-3 ถึง ข-7)



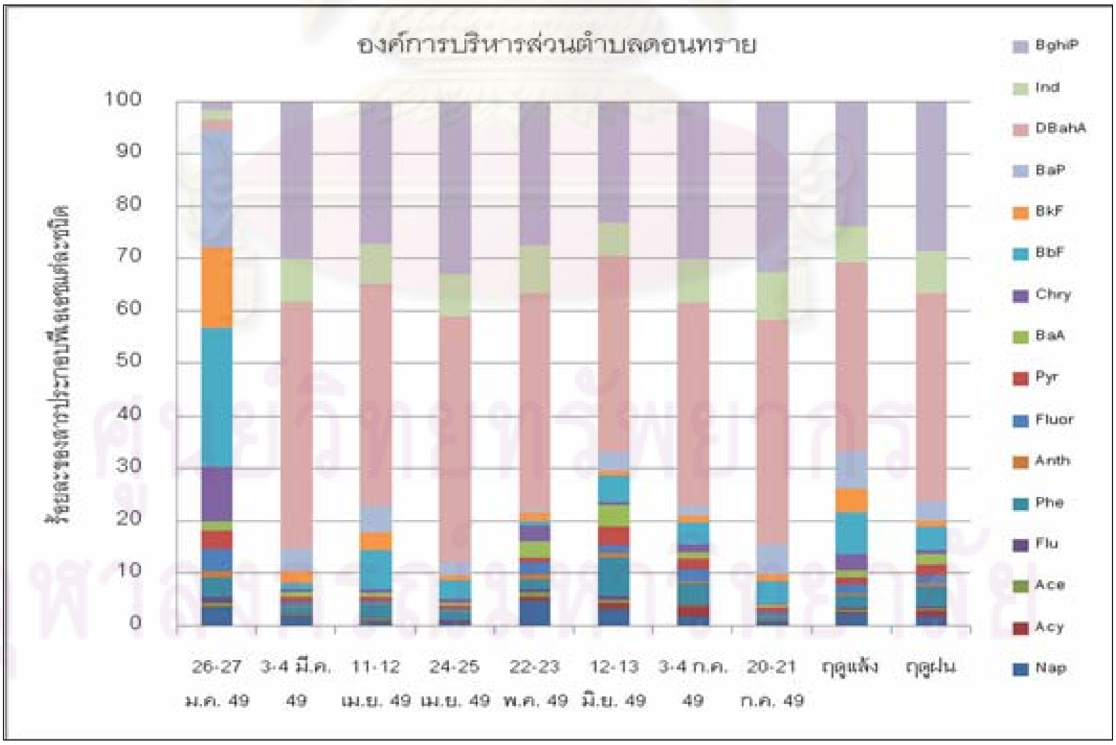
ภาพที่ 4.9 ความเข้มข้นรวมของสารประกอบพีเอเอชจากจุดเก็บตัวอย่างอากาศโดยรอบโรงไฟฟ้าทั้ง 5 จุด

ค่าความเข้มข้นรวม 24 ชั่วโมงของสารประกอบพีเอเอชจากตัวอย่างอนุภาคในอากาศบริเวณจุดเก็บตัวอย่างอากาศโดยรอบโรงไฟฟ้าทั้ง 8 ครั้ง ในช่วงเดือนมกราคม ถึงเดือนกรกฎาคม 2549 ดังแสดงในภาพที่ 4.9 นั้นแสดงให้เห็นว่า ค่าความเข้มข้นรวม 24 ชั่วโมงของสารประกอบพีเอเอชมีค่าสูงสุดที่ช่วงเดือนมกราคม รองลงมาเป็นเดือนมิถุนายน ทั้งนี้มีข้อสังเกตว่าค่าความเข้มข้นรวมของสารประกอบพีเอเอชที่สูงสุดในช่วงเดือนมกราคมนั้นสอดคล้องกับค่า PM_{10} ที่มักมีค่าสูงในช่วงเดือนมกราคมเช่นกัน (ภาคผนวก ก) ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Norramit et al., 2005 ที่ระบุว่า ความเข้มข้นรวมของสารประกอบพีเอเอชมีความสัมพันธ์อย่างสูงกับมวลของฝุ่น PM_{10} และเมื่อเทียบกับทุกจุดเก็บตัวอย่างในทั้งสองเดือนพบว่า ค่าความเข้มข้นรวม 24 ชั่วโมงของสารประกอบพีเอเอชอยู่ในช่วงตั้งแต่ 6.3–127.9 ng/m^3 โดยคิดเป็นค่าเฉลี่ยเท่ากับ 63.0 ng/m^3 ซึ่งมีค่าต่ำกว่าค่าความเข้มข้นรวม 24 ชั่วโมงของสารประกอบพีเอเอชที่พบในอนุภาคจากตัวอย่างที่เก็บในกรุงเทพฯ บริเวณสถานีเกษมราษฎร์อย่างมาก คือ มีค่าความเข้มข้นรวม 24 ชั่วโมงของสารประกอบพีเอเอชเท่ากับ 99.6 ng/m^3 (Karnchanasest, 2005)

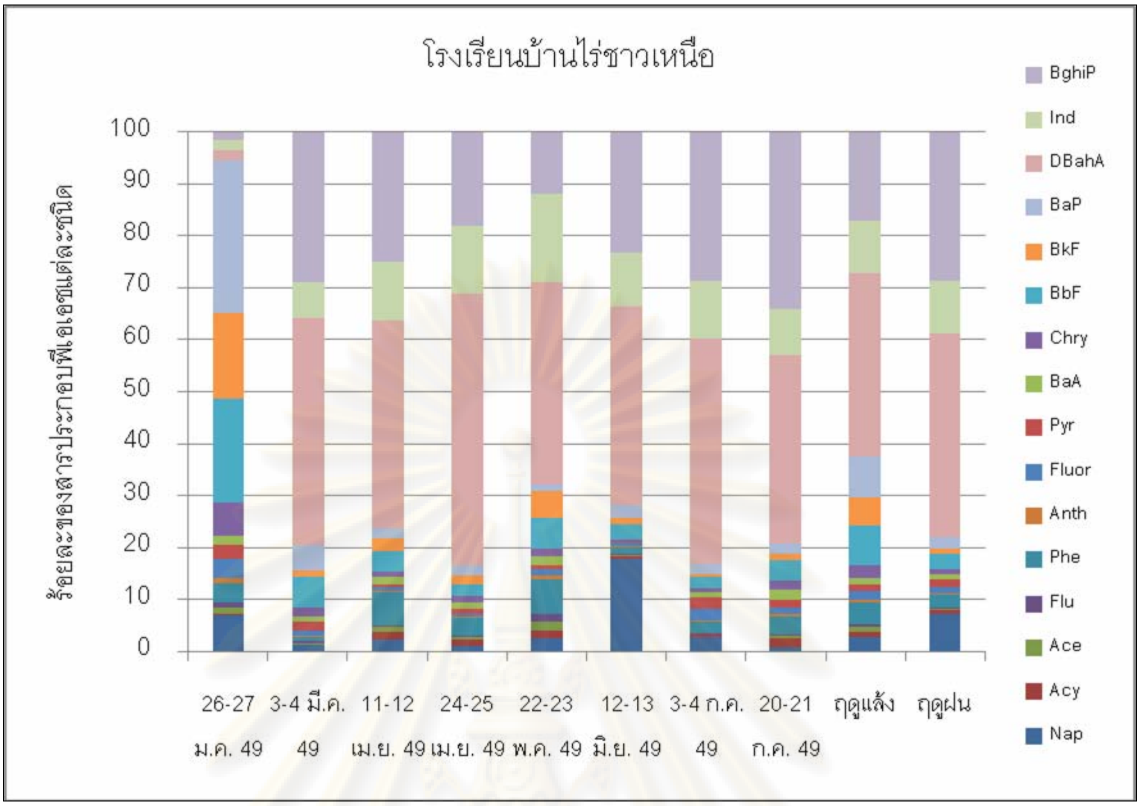
เมื่อนำค่าความเข้มข้นรวม 24 ชั่วโมงของสารประกอบพีเอเอชจากจุดเก็บตัวอย่างอากาศโดยรอบโรงไฟฟ้า มาศึกษารูปแบบการกระจายตัวของสารประกอบพีเอเอช พบว่า ทุกจุดเก็บตัวอย่างมีลักษณะการกระจายตัวของสารประกอบพีเอเอชคล้ายคลึงกัน (ภาพที่ 4.10-4.14) ซึ่งรายละเอียดรูปแบบการกระจายตัวของสารประกอบพีเอเอชแต่ละจุดสามารถสรุปได้ดังนี้



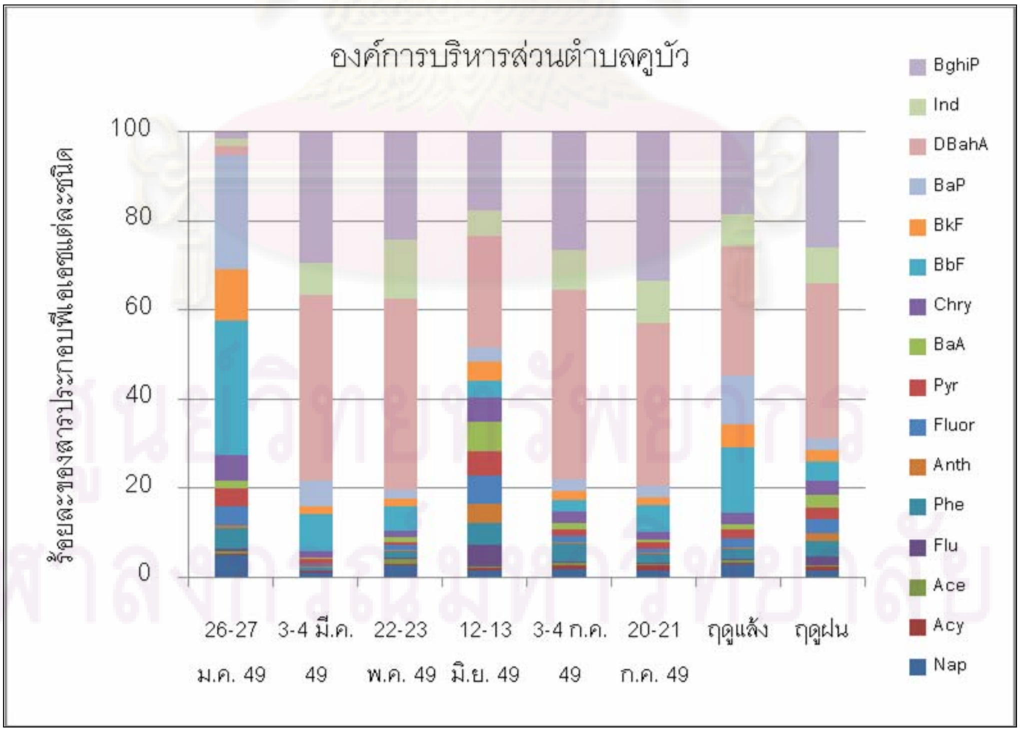
ภาพที่ 4.10 ลักษณะการกระจายตัวของสารประกอบพีเอเอชจากจุดเก็บตัวอย่างโรงเรียนบ้านหนองสองห้อง



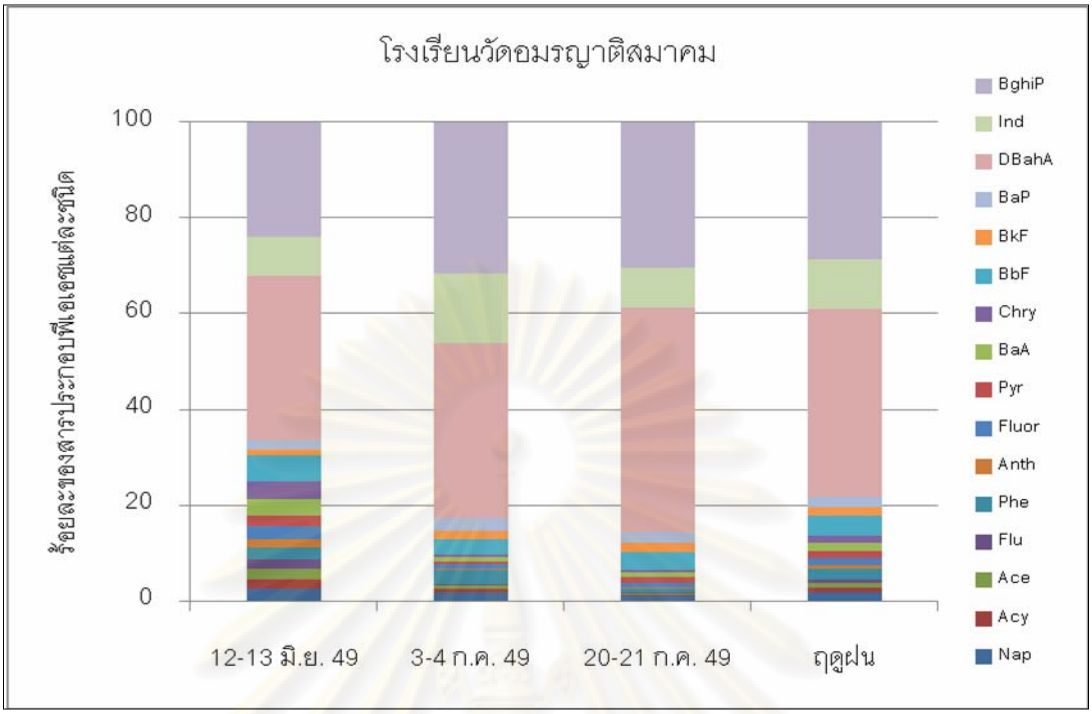
ภาพที่ 4.11 ลักษณะการกระจายตัวของสารประกอบพีเอเอชจากจุดเก็บตัวอย่างองค์การบริหารส่วนตำบลดอนทราย



ภาพที่ 4.12 ลักษณะการกระจายตัวของสารประกอบพีเอเอชจากจุดเก็บตัวอย่างโรงเรียนบ้านไร่ชาวเหนือ



ภาพที่ 4.13 ลักษณะการกระจายตัวของสารประกอบพีเอเอชจากจุดเก็บตัวอย่างองค์การบริหารส่วนตำบลคูบัว



ภาพที่ 4.14 ลักษณะการกระจายตัวของสารประกอบพีเอเอชจากจุดเก็บตัวอย่างโรงเรียนวัดอมรญาติสมาคม

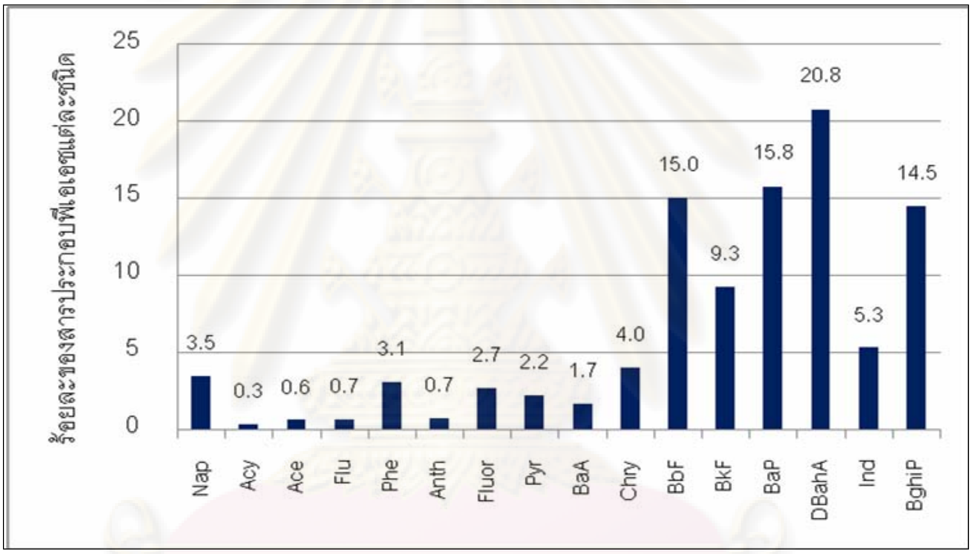
รูปแบบการกระจายตัวของสารประกอบพีเอเอชจากบริเวณโรงเรียนบ้านหนองสองห้อง พบว่า ลักษณะการกระจายตัวของสารประกอบพีเอเอชในช่วงฤดูแล้งและฤดูฝนมีความคล้ายคลึงกัน โดยชนิดของสารประกอบพีเอเอชที่พบมากที่สุด คือ DBahA ซึ่งคิดเป็นค่าเฉลี่ยร้อยละ 32.2 รองลงมา คือ BghiP, Ind, BaP, BbF และ BkF ซึ่งคิดเป็นค่าเฉลี่ยร้อยละ 26.2, 10.1, 5.7, 5.3 และ 4.4 ตามลำดับ

รูปแบบการกระจายตัวของสารประกอบพีเอเอชจากบริเวณองค์การบริหารส่วนตำบลดอนทราย พบว่า ลักษณะการกระจายตัวของสารประกอบพีเอเอชในช่วงฤดูแล้งและฤดูฝนมีความคล้ายคลึงกัน โดยชนิดของสารประกอบพีเอเอชที่พบมากที่สุด คือ DBahA ซึ่งคิดเป็นค่าเฉลี่ยร้อยละ 37.3 รองลงมา คือ BghiP, Ind, BbF, BaP และ BkF ซึ่งคิดเป็นค่าเฉลี่ยร้อยละ 25.5, 7.3, 6.6, 5.8 และ 3.4 ตามลำดับ

รูปแบบการกระจายตัวของสารประกอบพีเอเอชจากบริเวณโรงเรียนบ้านไร่ชาวเหนือ พบว่า ลักษณะการกระจายตัวของสารประกอบพีเอเอชในช่วงฤดูแล้งและฤดูฝนมีความคล้ายคลึงกัน โดยชนิดของสารประกอบพีเอเอชที่พบมากที่สุด คือ DBahA ซึ่งคิดเป็นค่าเฉลี่ยร้อยละ 31.9 รองลงมา คือ BghiP, BbF, Ind, BaP และ BkF ซึ่งคิดเป็นค่าเฉลี่ยร้อยละ 22.1, 9.4, 7.8, 6.9 และ 3.9 ตามลำดับ

รูปแบบการกระจายตัวของสารประกอบพีเอเอชจากบริเวณองค์การบริหารส่วนตำบลคูบัว พบว่า ลักษณะการกระจายตัวของสารประกอบพีเอเอชในช่วงฤดูแล้งและฤดูฝนมีความคล้ายคลึงกัน โดยชนิดของสารประกอบพีเอเอชที่พบมากที่สุด คือ DBahA ซึ่งคิดเป็นค่าเฉลี่ยร้อยละ 31.9 รองลงมา คือ BghiP, BbF, Ind, BaP และ BkF ซึ่งคิดเป็นค่าเฉลี่ยร้อยละ 22.0, 9.4, 7.8, 6.9 และ 3.9 ตามลำดับ

รูปแบบการกระจายตัวของสารประกอบพีเอเอชจากบริเวณโรงเรียนวัดอมรญาติสมาคมซึ่งทำการศึกษาเฉพาะในฤดูฝนเท่านั้น พบว่า ชนิดของสารประกอบพีเอเอชที่พบมากที่สุด คือ DBahA ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 39.3 รองลงมา คือ BghiP, Ind, BbF, BaP และ Phe ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 28.6, 10.4, 4.1, 2.3 และ 2.1 ตามลำดับ



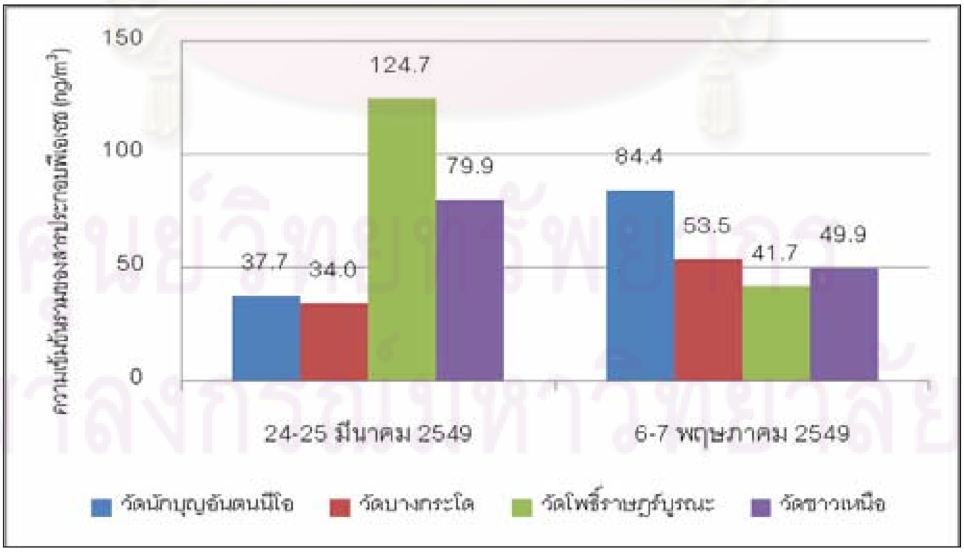
ภาพที่ 4.15 ลักษณะการกระจายตัวของสารประกอบพีเอเอชจากตัวอย่างทั้งหมดของจุดเก็บตัวอย่างอากาศโดยรอบโรงไฟฟ้าทั้ง 5 จุด

ทั้งนี้ เมื่อนำข้อมูลลักษณะการกระจายตัวของสารประกอบพีเอเอชจากทุกตัวอย่างของจุดเก็บตัวอย่างทั้งหมดมาหาค่าเฉลี่ย เพื่อดูลักษณะการกระจายตัวของสารประกอบพีเอเอชจากตัวอย่างทั้งหมด (ภาพที่ 4.15) สามารถสรุปได้ว่า ชนิดของสารประกอบพีเอเอชในบริเวณพื้นที่ศึกษา มีลักษณะการกระจายตัวและชนิดหลักของสารประกอบพีเอเอชที่คล้ายคลึงกัน โดยสารประกอบพีเอเอชที่พบมากที่สุดจากจุดเก็บตัวอย่างอากาศโดยรอบโรงไฟฟ้า คือ DBahA คิดเป็นร้อยละ 20.7 รองลงมา คือ BaP, BbF และ BghiP คิดเป็นร้อยละ15.8, 15.0 และ 14.5 ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับการศึกษาของ เมทินี วรรณวิจิตร (2548) พบว่า มีสารประกอบพีเอเอชชนิด Fluor, BbF, BaP, DBahA และ BghiP เป็นองค์ประกอบหลักในฝุ่น PM_{10} จากบริเวณพื้นที่ริมถนนในเขตกรุงเทพมหานคร และจากการศึกษาของ Yang et al. (1998) พบสารประกอบ

พีเอเอชชนิด Cyc และ DBahA จากโรงไฟฟ้าที่ใช้ถ่านหินเป็นเชื้อเพลิง ทั้งนี้ อาจคาดการณ์ได้ว่าแหล่งกำเนิดหลักของสารประกอบพีเอเอชในพื้นที่ศึกษาน่าจะเป็นแหล่งเดียวกัน แต่อาจมีแหล่งกำนิดอื่นๆที่มีผลต่อบางจุดเก็บตัวอย่างแตกต่างกันไป เนื่องมาจากบางจุดเก็บตัวอย่างพบสารประกอบพีเอเอชชนิดที่แตกต่างออกไปจากจุดอื่นๆ ทั้งนี้ ยังต้องอาศัยการวิเคราะห์ข้อมูลอื่นๆร่วมด้วย เช่น การใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ และการวิเคราะห์ทางสถิติ เป็นต้น จึงจะสามารถคาดการณ์ได้ว่าแหล่งกำเนิดของสารประกอบพีเอเอชนั้นมาจากที่ใดได้บ้าง

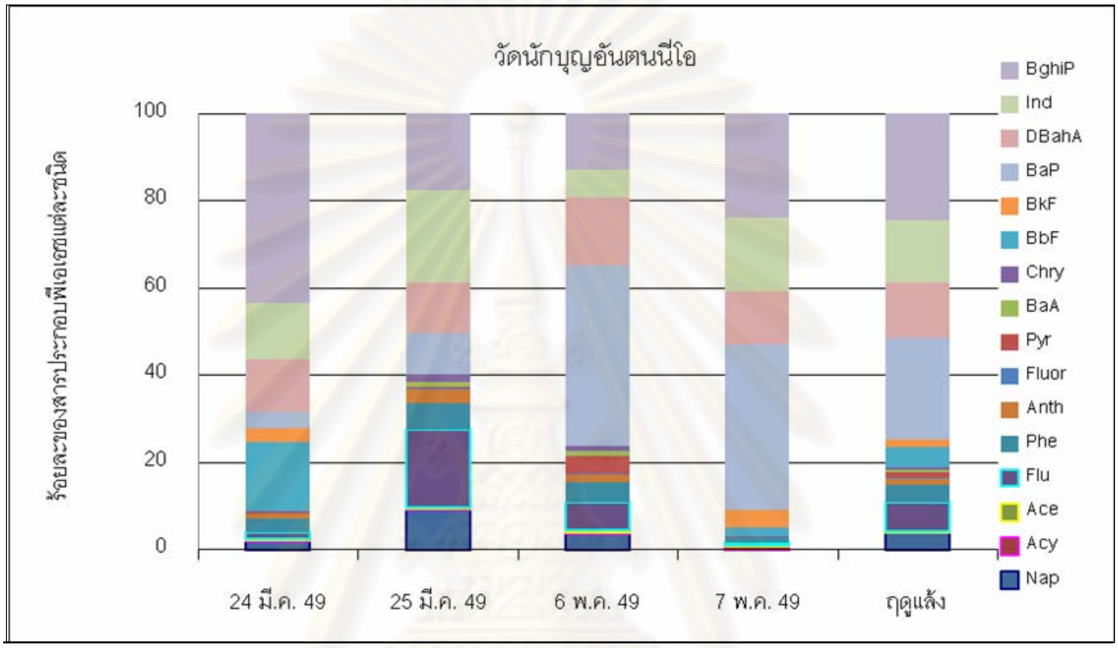
4.3.4 ความเข้มข้นและรูปแบบการกระจายตัวของสารประกอบพีเอเอชจากสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศแบบต่อเนื่องของโรงไฟฟ้าทั้ง 4 จุด

ผลการวิเคราะห์สารประกอบพีเอเอชจากสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศแบบต่อเนื่องของโรงไฟฟ้าทั้ง 4 จุด โดยทำการรวบรวมข้อมูลตัวอย่างฝุ่น PM_{10} ในช่วงเดือนมีนาคมและเดือนพฤษภาคม 2549 ซึ่งจัดอยู่ในช่วงฤดูแล้ง พบว่า มีค่าความเข้มข้นรวม 24 ชั่วโมงของสารประกอบพีเอเอชอยู่ระหว่าง 34.0-124.7 ng/m^3 (ภาพที่ 4.16) โดยมีข้อมูลแสดงในภาคผนวก ข (ตารางที่ ข-8 ถึง ข-11) ซึ่งพบว่าค่าความเข้มข้นรวม 24 ชั่วโมงของสารประกอบพีเอเอชในอนุภาคในอากาศจากสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศแบบต่อเนื่องของโรงไฟฟ้ามีค่าสูงกว่าค่าความเข้มข้นรวมของสารประกอบพีเอเอชจากบริเวณจุดเก็บตัวอย่างอากาศโดยรอบโรงไฟฟ้า ทั้งนี้ เนื่องมาจากสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศแบบต่อเนื่องของโรงไฟฟ้า ทั้ง 4 จุดนั้น ตั้งอยู่ในรัศมีใกล้กับโรงไฟฟ้ามากกว่าจุดเก็บตัวอย่างอากาศโดยรอบโรงไฟฟ้ามาก จึงทำให้มีความเป็นไปได้ที่จะพบสารประกอบพีเอเอชในปริมาณที่มากกว่า

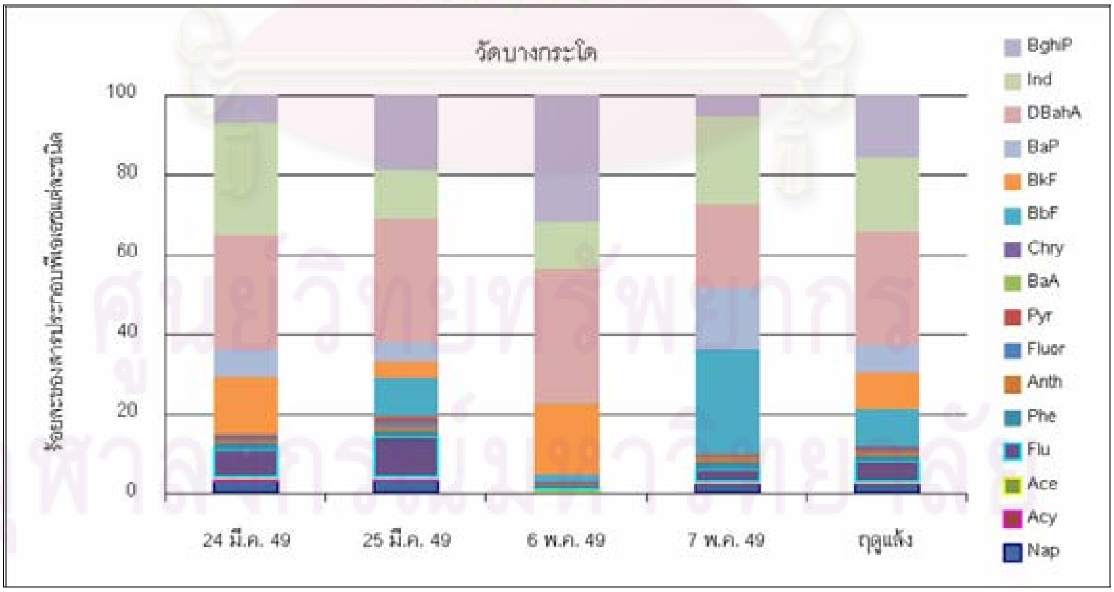


ภาพที่ 4.16 ค่าความเข้มข้นรวม 24 ชั่วโมงของสารประกอบพีเอเอชจากบริเวณสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศแบบต่อเนื่องของโรงไฟฟ้า

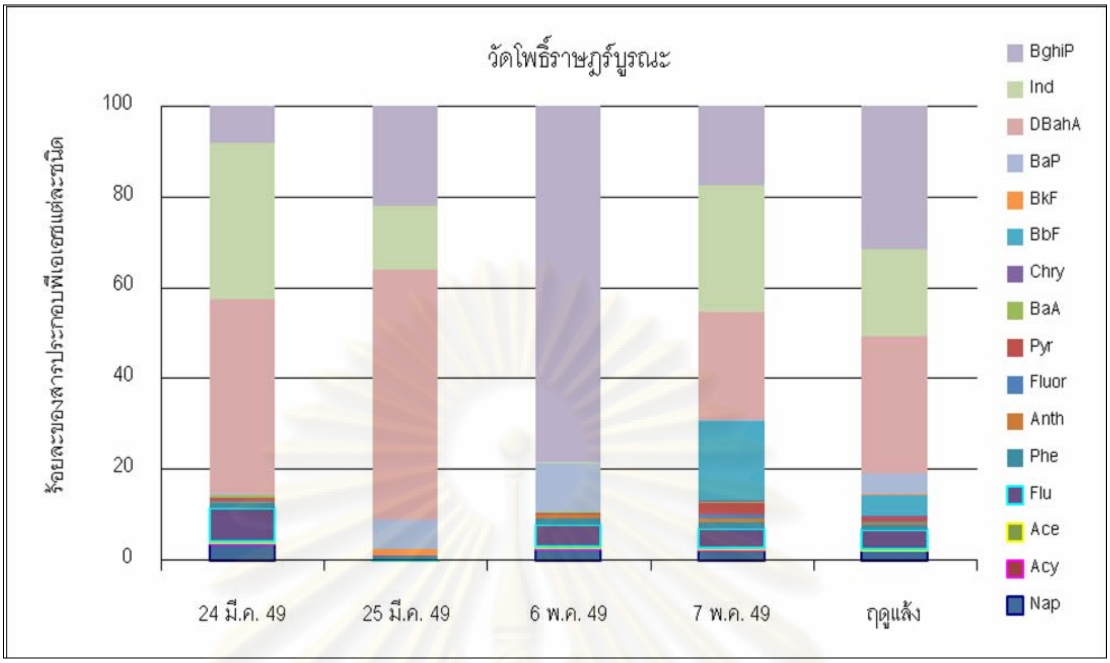
เมื่อเปรียบเทียบกับค่าความเข้มข้นรวมของสารประกอบพีเอเอชในการศึกษาครั้งนี้กับค่าความเข้มข้นรวมของสารประกอบพีเอเอชจากเขตกรุงเทพมหานคร พบว่า ส่วนใหญ่จะมีค่าน้อยกว่าค่าที่ได้จากการศึกษาในกรุงเทพฯ (Karnchanasest, 2005) และเมื่อทำการศึกษารูปแบบการกระจายตัวของสารประกอบพีเอเอชจากสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศแบบต่อเนื่องของโรงไฟฟ้าทั้ง 4 จุด พบว่า ทั้ง 4 จุดมีลักษณะการกระจายตัวที่ค่อนข้างแตกต่างกัน (ภาพที่ 4.17-4.20)



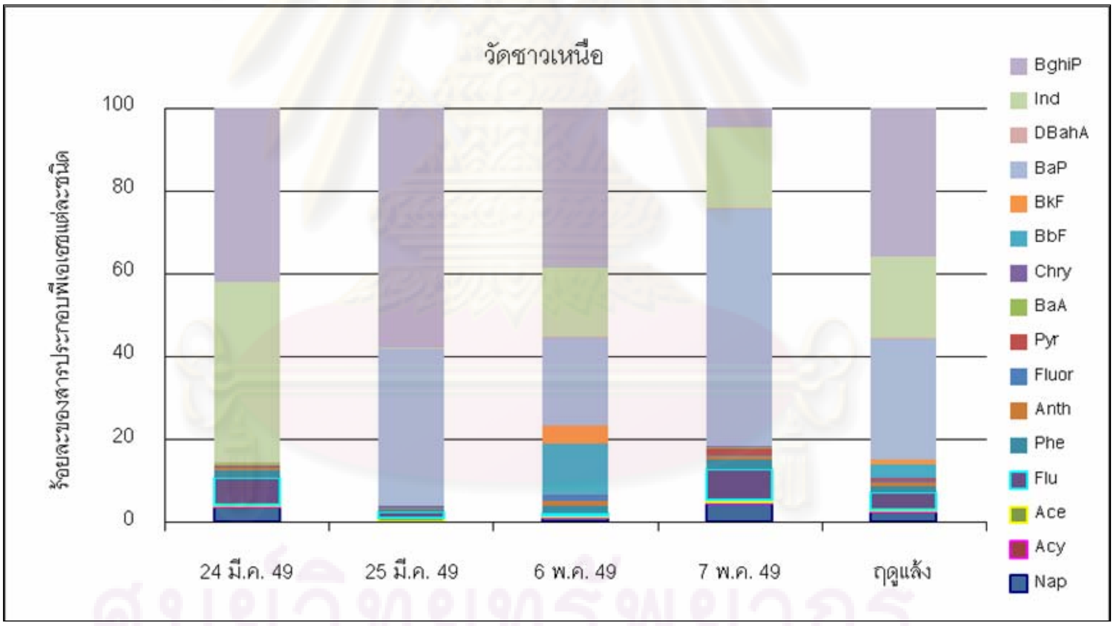
ภาพที่ 4.17 ลักษณะการกระจายตัวของสารประกอบพีเอเอชจากสถานีวัดนักบุญอัตตนนีโอ



ภาพที่ 4.18 ลักษณะการกระจายตัวของสารประกอบพีเอเอชจากสถานีวัดบางกระโด



ภาพที่ 4.19 ลักษณะการกระจายตัวของสารประกอบพีเอเอชจากสถานีวัดโพธิ์ราษฎร์บูรณะ



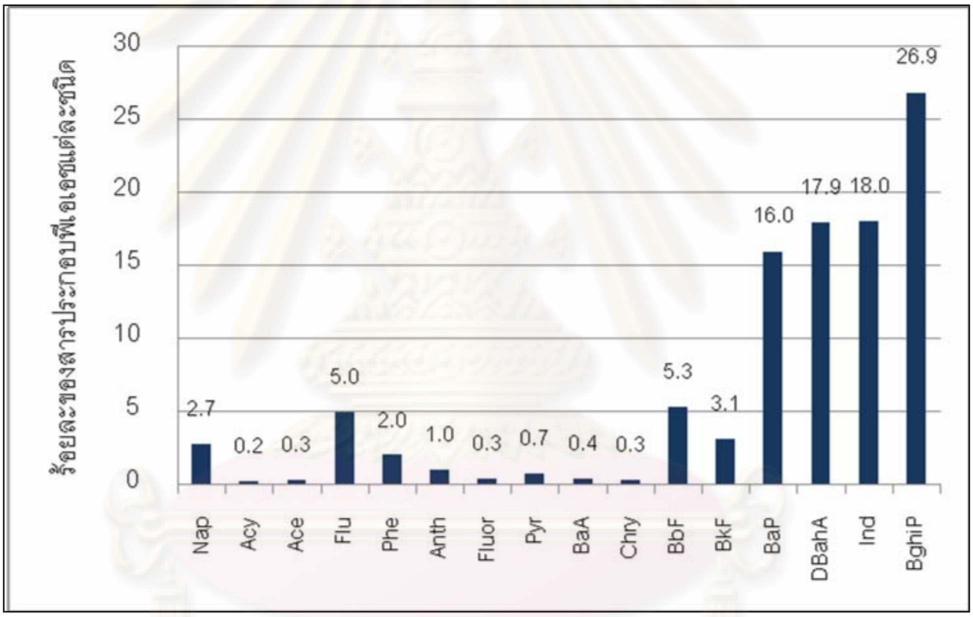
ภาพที่ 4.20 ลักษณะการกระจายตัวของสารประกอบพีเอเอชจากสถานีวัดชาวเหนือ

รูปแบบการกระจายตัวของสารประกอบพีเอเอชจากบริเวณวัดนักบุญอันตนนีโอ พบว่า ชนิดของสารประกอบพีเอเอชที่พบมากที่สุด คือ BghiP ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 24.5 รองลงมา คือ BaP, Ind, DBahA และ Flu ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 23.3, 14.4, 12.7 และ 6.6 ตามลำดับ

รูปแบบการกระจายตัวของสารประกอบพีเอเอชจากบริเวณวัดบางกระโด พบว่า ชนิดของสารประกอบพีเอเอชที่พบมากที่สุด คือ DBahA ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 28.7 รองลงมา คือ Ind, BghiP, Ind, BbP และ BkF ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 18.6, 15.6, 7.8, 9.2 และ 9.2 ตามลำดับ

รูปแบบการกระจายตัวของสารประกอบพีเอเอชจากบริเวณวัดโพธิ์ราษฎร์บูรณะ พบว่า ชนิดของสารประกอบพีเอเอชที่พบมากที่สุด คือ BghiP ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 31.6 รองลงมา คือ DBahA, Ind, BbP และ BaP ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 30.4, 19.1, 4.4 และ 4.4 ตามลำดับ

รูปแบบการกระจายตัวของสารประกอบพีเอเอชจากบริเวณวัดชาวเหนือ พบว่า ชนิดของสารประกอบพีเอเอชที่พบมากที่สุด คือ BghiP ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 35.8 รองลงมา คือ BaP, Ind, Flu และ BbF ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 29.4, 19.8, 4.0 และ 3.1 ตามลำดับ



ภาพที่ 4.21 ลักษณะการกระจายตัวของสารประกอบพีเอเอชจากตัวอย่างทั้งหมดของสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศแบบต่อเนื่องของโรงไฟฟ้าทั้ง 4 จุด

ทั้งนี้ เมื่อนำข้อมูลลักษณะการกระจายตัวของสารประกอบพีเอเอชจากทุกตัวอย่างของสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศแบบต่อเนื่องของโรงไฟฟ้าทั้ง 4 จุดมาหาค่าเฉลี่ย เพื่อดูลักษณะการกระจายตัวของสารประกอบพีเอเอชจากตัวอย่างทั้งหมด (ภาพที่ 4.21) สามารถสรุปได้ว่าชนิดของสารประกอบพีเอเอชในบริเวณพื้นที่ศึกษา มีลักษณะการกระจายตัวและชนิดหลักของสารประกอบพีเอเอชที่คล้ายคลึงกัน นอกจากนี้ยังมีชนิดหลักของสารประกอบพีเอเอชแตกต่างจากบริเวณจุดเก็บตัวอย่างโดยรอบโรงไฟฟ้า แต่ยังเป็นสารประกอบพีเอเอชที่มีมวลโมเลกุลสูงเช่นเดียวกัน โดยสารประกอบพีเอเอชที่พบมากที่สุดจากจุดเก็บตัวอย่างอากาศโดยรอบโรงไฟฟ้า

คือ BghiP คิดเป็นร้อยละ 26.9 รองลงมา คือ Ind, DBahA และ BaP คิดเป็นร้อยละ18.0, 17.9 และ 16.0 ตามลำดับ ซึ่งอาจคาดการณ์ได้ว่าแหล่งกำเนิดหลักของสารประกอบพีเอเอชในพื้นที่ศึกษาน่าจะเป็นแหล่งเดียวกัน และอาจเป็นแหล่งเดียวกับจุดเก็บตัวอย่างอากาศโดยรอบโรงไฟฟ้า แต่อาจมีแหล่งกำนิดอื่นๆที่มีผลต่อบางจุดเก็บตัวอย่างแตกต่างกันไป เนื่องมาจากบางจุดเก็บตัวอย่างพบสารประกอบพีเอเอชชนิดที่แตกต่างออกไปจากจุดอื่นๆ ทั้งนี้ ยังต้องอาศัยการวิเคราะห์ข้อมูลอื่นๆร่วมด้วย เช่น การใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ และการวิเคราะห์ทางสถิติ เป็นต้น จึงจะสามารถคาดการณ์ได้ว่าแหล่งกำเนิดของสารประกอบพีเอเอชนั้นมาจากที่ใดได้บ้าง นอกจากนี้ยังมีปัจจัยที่เกี่ยวข้องอื่นๆที่ควรนำมาพิจารณาด้วย เช่น ลักษณะที่ตั้งของจุดเก็บตัวอย่างและกิจกรรมต่างๆที่เกิดขึ้นระหว่างการเก็บตัวอย่าง รวมทั้งปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยาที่เกี่ยวข้อง ยกตัวอย่างเช่น ทิศทางลม และความเร็วลม เป็นต้น ซึ่งเมื่อพิจารณาสถานที่ตั้งของสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศแบบต่อเนื่องของโรงไฟฟ้าทั้ง 4 จุด พบว่า ทุกจุดตั้งอยู่ในเขตศาสนสถาน นอกจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงของยานพาหนะต่างๆที่เป็นแหล่งกำเนิดของสารประกอบพีเอเอชแล้ว สารประกอบพีเอเอชสามารถมาจากเตาเผาศพในศาสนสถานนั้นๆได้อีกด้วย แต่เนื่องจากยังไม่เคยมีการศึกษาหาสารประกอบพีเอเอชจากเตาเผาศพมาก่อน จึงไม่สามารถนำข้อมูลมาทำการเปรียบเทียบกับการศึกษาในครั้งนี้ได้

4.4 การศึกษาความสัมพันธ์ลายนิ้วมือ (Fingerprint) **ของสารประกอบพีเอเอชที่ได้จากแหล่งกำเนิดต่าง ๆ และแหล่งรับมลพิษในการศึกษาครั้งนี้**

จากข้อมูลการใช้เชื้อเพลิงในการผลิตกระแสไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าในขณะที่ทำการศึกษา (ตารางที่ 4.4) ทำให้สามารถแบ่งแหล่งกำเนิดของสารประกอบพีเอเอชจากโรงไฟฟ้าออกเป็น 2 ประเภท คือ การเผาไหม้แก๊สธรรมชาติเป็นเชื้อเพลิง (ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของสารประกอบพีเอเอชจากปล่อง The 1, Com 11, Com 12, Com 21, Com 22, Com 31 และ Com 32) และการเผาไหม้แก๊สธรรมชาติและน้ำมันเตาเป็นเชื้อเพลิง (ความเข้มข้นของสารประกอบพีเอเอชจากปล่อง The 2) รวมทั้งข้อมูลแหล่งกำเนิดของสารประกอบพีเอเอชอื่นๆที่เกี่ยวข้องในพื้นที่ศึกษา เช่น จากยานพาหนะประเภทต่างๆ กระฟุ้งกระจายของฝุ่นดิน และการเผาไหม้ชีวมวล มาทำการศึกษาลายนิ้วมือของสารประกอบพีเอเอชจากตัวอย่างจากจุดเก็บตัวอย่างโดยรอบโรงไฟฟ้าทั้ง 5 จุด และจากสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศแบบต่อเนื่องของโรงไฟฟ้าทั้ง 4 จุดโดยการหาความสัมพันธ์ทางสถิติของรูปแบบการกระจายตัวของสารประกอบพีเอเอช (ตารางที่ 4.11) โดยผลจากตารางที่ 4.11 ซึ่งเป็นการเปรียบเทียบค่าทางสถิติระหว่างรูปแบบการกระจายของสารประกอบพีเอเอชจากแหล่งกำเนิดต่างๆในพื้นที่ศึกษากับแหล่งรับ (จากบริเวณจุดเก็บตัวอย่างโดยรอบโรงไฟฟ้าและจากสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศแบบต่อเนื่องของไฟฟ้า) ซึ่งพิจารณาจากค่าความสัมพันธ์ (R^2) ที่เข้า

ใกล้ 1 มากที่สุด พบว่า จากจุดเก็บตัวอย่างโดยรอบโรงไฟฟ้าทั้ง 5 จุด คือโรงเรียนบ้านหนองสองห้อง (Site A), องค์การบริหารส่วนตำบลดอนทราย (Site B), โรงเรียนบ้านไร่ชาวเหนือ (Site C), องค์การบริหารส่วนตำบลคูบัว (Site D) และโรงเรียนวัดอมรญาติสมาคม (Site E) มีค่าลายนิ้วมือของสารประกอบพีเอเอชใกล้เคียงกับการเผาไหม้แก๊สธรรมชาติ (NG), การเผาไหม้แก๊สธรรมชาติและน้ำมันเตา (NG+HO) และรถจักรยานยนต์ 4 จังหวะ (4-Stroke Motorcycle) น่าจะมีโอกาสมีความสัมพันธ์กัน ครั้นเมื่อได้ทำการศึกษาทางสถิติในลักษณะเดียวกันกับสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศแบบต่อเนื่องของโรงไฟฟ้า พบว่า บริเวณวัดนักบุญอันตนนีโอ (Site F) มีค่าลายนิ้วมือของสารประกอบพีเอเอชใกล้เคียงกับรถจักรยานยนต์ 4 จังหวะ (4-Stroke Motorcycle) ส่วนบริเวณวัดบางกระโด (Site G) และวัดโพธิ์ราษฎร์บูรณะ (Site H) มีค่าลายนิ้วมือของสารประกอบพีเอเอชใกล้เคียงกับการเผาไหม้แก๊สธรรมชาติ (NG), การเผาไหม้แก๊สธรรมชาติและน้ำมันเตา (NG+HO) และรถจักรยานยนต์ 4 จังหวะ (4-Stroke Motorcycle) และบริเวณวัดชาวเหนือ (Site I) มีค่าลายนิ้วมือของสารประกอบพีเอเอชใกล้เคียงกับรถยนต์เบนซีน (LDGV) (ตารางที่ 4.12)

ตารางที่ 4.11 ค่าความสัมพันธ์ระหว่างรูปแบบการกระจายของพีเอเอช 16 ชนิด จากจุดต่างๆ

	NG+HO	NG	LDDV	HDDV	LDGV	2-Stroke	4-Stroke	Soil dust	Biomass
NG+HO	1.00								
NG	0.809**	1.00							
LDDV	0.091	0.259	1.00						
HDDV	-0.392	-0.325	0.403	1.00					
LDGV	0.139	-0.063	0.245	-0.426	1.00				
2-Stroke	-0.201	-0.137	0.555*	0.521*	-0.162	1.00			
4-Stroke	0.618*	0.792**	0.520*	-0.271	0.414	0.016	1.00		
Soil dust	-0.126	0.081	0.439	0.287	-0.124	0.428	0.144	1.00	
Biomass	-0.169	0.061	-0.183	-0.095	-0.342	-0.064	-0.141	0.725**	1.00
Site A	0.810**	0.928**	0.360	-0.369	0.250	-0.121	0.933**	-0.009	-0.143
Site B	0.768**	0.927**	0.360	-0.381	0.239	-0.126	0.937**	-0.009	-0.133
Site C	0.816**	0.961**	0.312	-0.387	0.153	-0.143	0.894**	-0.002	-0.079
Site D	0.767**	0.905**	0.334	-0.430	0.276	-0.160	0.921**	-0.057	-0.153
Site E	0.806**	0.931**	0.387	-0.331	0.237	-0.105	0.936**	0.031	-0.131
Site F	0.569*	0.498	0.302	-0.386	0.547*	-0.148	0.683**	0.036	-0.112
Site G	0.906**	0.856**	0.242	-0.424	0.224	-0.255	0.729**	-0.135	-0.159
Site H	0.867**	0.846**	0.405	-0.344	0.390	-0.134	0.896**	0.078	-0.130
Site I	0.386	0.191	0.222	-0.311	0.689**	-0.089	0.510*	0.081	-0.111

หมายเหตุ: ** คือ มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99

* คือ มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ตารางที่ 4.12 ความสัมพันธ์ระหว่างแหล่งกำเนิดกับจุดเก็บตัวอย่างโดยรอบโรงไฟฟ้าและสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศแบบต่อเนื่องของโรงไฟฟ้า

จุดเก็บตัวอย่าง	ความสัมพันธ์ทางสถิติกับแหล่งกำเนิด
<u>จุดเก็บตัวอย่างโดยรอบ</u> ร.ร. บ้านหนองสองห้อง	มีความสัมพันธ์กับ NG, NG+HO และ 4-Stroke Motorcycle
อบต. ดอนทราย	มีความสัมพันธ์กับ NG, NG+HO และ 4-Stroke Motorcycle
ร.ร. บ้านไร่ชาวเหนือ	มีความสัมพันธ์กับ NG, NG+HO และ 4-Stroke Motorcycle
อบต. คูบัว	มีความสัมพันธ์กับ NG, NG+HO และ 4-Stroke Motorcycle
ร.ร.วัดอมรญาติสมาคม	มีความสัมพันธ์กับ NG, NG+HO และ 4-Stroke Motorcycle
<u>สถานีตรวจวัดอากาศต่อเนื่องของโรงไฟฟ้า</u> วัดนักบุญอันตนนีโอ	มีโอกาสมีความสัมพันธ์กับ 4-Stroke Motorcycle
วัดบางกระโด	มีความสัมพันธ์กับ NG, NG+HO และ 4-Stroke Motorcycle
วัดโพธิ์ราษฎร์บูรณะ	มีความสัมพันธ์กับ NG, NG+HO และ 4-Stroke Motorcycle
วัดชาวเหนือ	มีโอกาสมีความสัมพันธ์กับ LDGV

4.5 การวิเคราะห์สัดส่วนแหล่งกำเนิดของสารประกอบพีเอเอชด้วยแบบจำลองดุลยภาพมวลเคมี

ผลจากการทำการประมวลผลด้วยแบบจำลองดุลยภาพมวลเคมีในจำนวนที่มากครั้ง (Trial and Error) เพื่อให้ได้ผลการจำแนกที่ดีที่สุดสำหรับการวิเคราะห์หาสัดส่วนแหล่งกำเนิดของสารประกอบพีเอเอชในครั้งนี้นั้น (ตารางที่ 4.13) พบว่า ค่า Percent Mass ของการประมวลผลเมื่อทำการแยกประมวลผลจากแต่ละจุดเก็บตัวอย่างโดยแยกเป็นรายครั้ง จะได้ค่า Percent Mass ที่ต่ำมาก (เข้าใกล้ 0.0) ซึ่งทำให้ไม่สามารถใช้แบบจำลองดุลยภาพมวลเคมีในการวิเคราะห์ผลได้ จึงได้ทำการทดลองเปลี่ยนข้อมูลแหล่งกำเนิดโดยการอ้างอิงจากการศึกษาของต่างประเทศก่อนหน้านี้ ซึ่งก็ยังให้ผลการวิเคราะห์ที่ไม่ดีขึ้น แต่ยังทำให้ไม่สามารถแยกแหล่งกำเนิดที่ใกล้เคียงกันออกจากกันได้อีกด้วย ดังนั้นจึงได้ใช้ข้อมูลแหล่งกำเนิดจากการศึกษาก่อนหน้านี้ของประเทศไทย ข้อมูลแหล่งกำเนิดบางชนิดที่ทำการวิเคราะห์ในการศึกษาครั้งนี้ และข้อมูลการเผาไหม้ชีวมวลซึ่งเป็นการเผาไหม้ตอซังในนาข้าวซึ่งมีความสอดคล้องกับการทำเกษตรกรรมในพื้นที่มากที่สุด รวมทั้งทำการทดลองประมวลผลโดยแยกเป็น 2 ฤดูกาล ซึ่งข้อมูลจากแต่ละจุดเก็บตัวอย่างที่ใส่เข้าไปในแบบจำลองนั้น ใช้เป็นค่าเฉลี่ยของฤดูกาลนั้นๆ จึงทำให้ได้ค่า Percent Mass ที่ดีขึ้น คือ มีค่าระหว่างร้อยละ 7.5-75.5 ถึงแม้ว่าจะต่ำกว่าเกณฑ์ที่ยอมรับได้ คือ ร้อยละ 80-120 ก็ตาม แต่

ให้ค่า R-square ที่ดีมาก คือ 0.97-1.0 ส่วนค่า Chi-square, TSTAT และ R/U Ratio นั้นอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ (ตารางที่ 4.14)

ตารางที่ 4.13 การใส่ข้อมูลและประมวลผลด้วยแบบจำลองดุลยภาพมวลเคมี (Trial and Error)

การใส่ข้อมูลในแบบจำลอง	ค่า Percent Mass (%)	ค่า R-square
- ใส่ข้อมูลความเข้มข้นของสารประกอบพีเอเอช แบบแยกเป็นรายตัวอย่าง	เข้าใกล้ 0.00	0.1
- ใช้ข้อมูลแหล่งกำเนิดของสารประกอบพีเอเอช จาก การศึกษาของต่างประเทศ เช่น Rogge et al. (1993) เป็นต้น	0.00-5.0	0.5
- ใช้ข้อมูลแหล่งกำเนิดของสารประกอบพีเอเอช จาก การศึกษาในประเทศร่วมกับข้อมูลแหล่งกำเนิดจากต่างประเทศ เช่น Garivait (1999), ปาจรีย์ ทองสนิท (2545) และ Chen et al. (2008)	7.5-75.5	0.97-1.00

ตารางที่ 4.14 ค่าการยอมรับการตัดสินใจจากการประมวลผลด้วยแบบจำลองดุลยภาพมวลเคมี (US EPA, 2004)

ค่าการประมวลผล	**ค่าการยอมรับ**
R-square	เข้าใกล้ 1.0
Chi-square	น้อยกว่า 2.0 แต่ไม่เกิน 4.0
Percent Mass	100 ± 20 %
TSTAT	มากกว่า 2.0
R/U Ratio	-2.0 ถึง 2.0

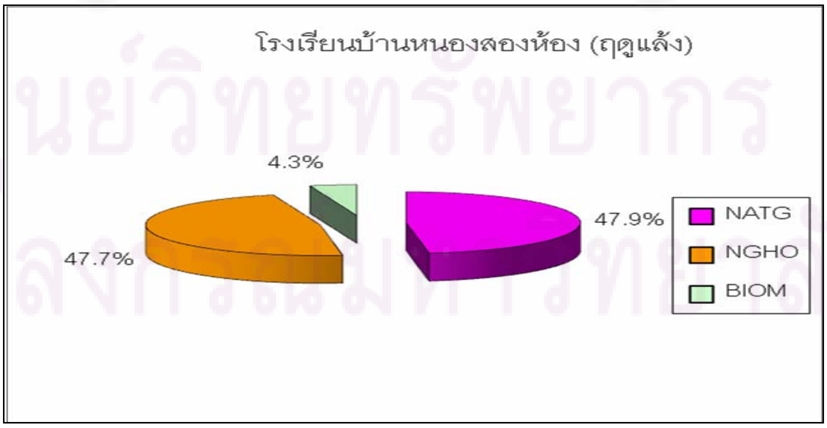
ศูนย์วิทยทรัพยากร จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ทั้งนี้อาจมีสาเหตุต่าง คือ ในการศึกษาครั้งนี้นั้นได้ดำเนินการเก็บตัวอย่างสารประกอบพีเอเอชเฉพาะที่อยู่ในรูปอนุภาคเท่านั้น แต่ในการอ้างอิงข้อมูลจากแหล่งกำเนิดต่างๆ นอกเหนือจากที่ศึกษาในครั้งนี้นั้นได้ทำการเก็บตัวอย่างสารประกอบพีเอเอชทั้งที่อยู่ในรูปแก๊สและอนุภาค จึงทำให้ค่าสัดส่วนของสารประกอบพีเอเอชจากแหล่งกำเนิดและจุดเก็บตัวอย่างมีความแตกต่างกัน นอกจากนี้การใช้แบบจำลองดุลยภาพมวลเคมีในการวิเคราะห์สัดส่วนแหล่งกำเนิดของสารมลพิษใดๆนั้น ควรใช้กับการวิเคราะห์แหล่งกำเนิดที่มีสัดส่วนของสารมลพิษที่มีความแตกต่างกันอย่างชัดเจน แต่สำหรับสารประกอบพีเอเอชนั้นมักพบว่าสารชนิดเดียวกันอาจมาจากแหล่งกำเนิดที่ต่างกัน ในสัดส่วนที่ค่อนข้างใกล้เคียงกันได้ จึงทำให้เมื่อทำการประมวณผลแล้วเกิดการรวมกันของแหล่งกำเนิดที่คาดว่าน่าจะมีผลต่อจุดเก็บตัวอย่างนั้นๆ และยังมีปัจจัยทางด้านกายภาพและเคมีของสารประกอบพีเอเอชในบรรยากาศระหว่างที่สารประกอบพีเอเอชเดินทางจากแหล่งกำเนิดมาสู่จุดเก็บตัวอย่าง โดยสารประกอบพีเอเอชบางชนิดสามารถเกิดปฏิกิริยาการย่อยสลายด้วยแสงได้ทำให้ค่าความเข้มข้นของสารประกอบพีเอเอชเกิดการเปลี่ยนแปลงไป

4.5.1 การวิเคราะห์สัดส่วนแหล่งกำเนิดของสารประกอบพีเอเอชจากจุดเก็บตัวอย่างโดยรอบโรงไฟฟ้า

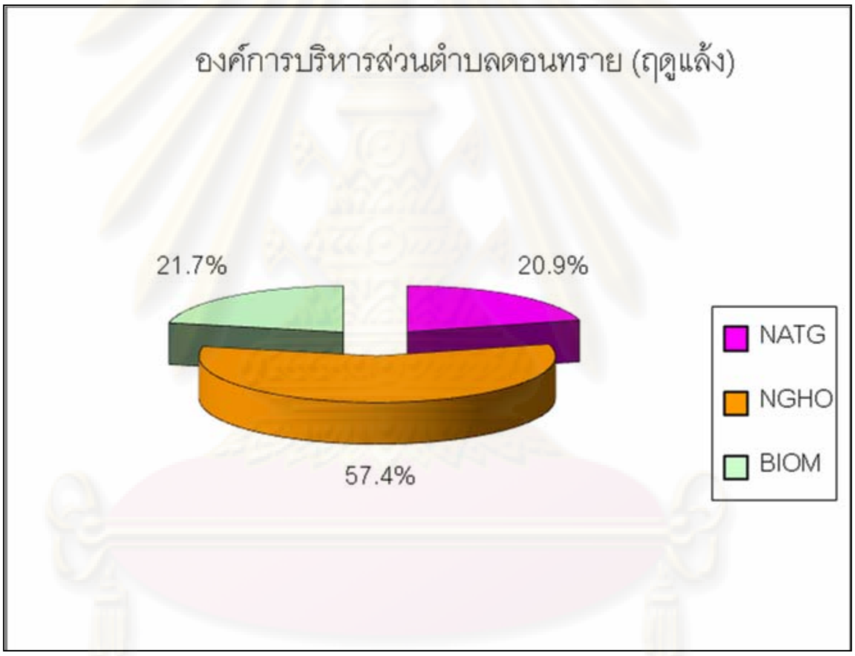
4.5.1.1 สัดส่วนแหล่งกำเนิดของสารประกอบพีเอเอชจากจุดเก็บตัวอย่างโดยรอบโรงไฟฟ้าในช่วงฤดูแล้ง

สัดสัดส่วนแหล่งกำเนิดของสารประกอบพีเอเอชจากจุดเก็บตัวอย่างโดยรอบโรงไฟฟ้าทั้ง 4 จุดในช่วงฤดูแล้งนั้น (ภาพที่ 4.22-4.25) พบว่า ทุกจุดเก็บตัวอย่างส่วนใหญ่มีแหล่งกำเนิดมาจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงในการผลิตกระแสไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าในพื้นที่ศึกษา และการเผาไหม้ชีวมวล ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้



ภาพที่ 4.22 สัดส่วนแหล่งกำเนิดของสารประกอบพีเอเอชบริเวณโรงเรียนบ้านหนองสองห้อง (ฤดูแล้ง)

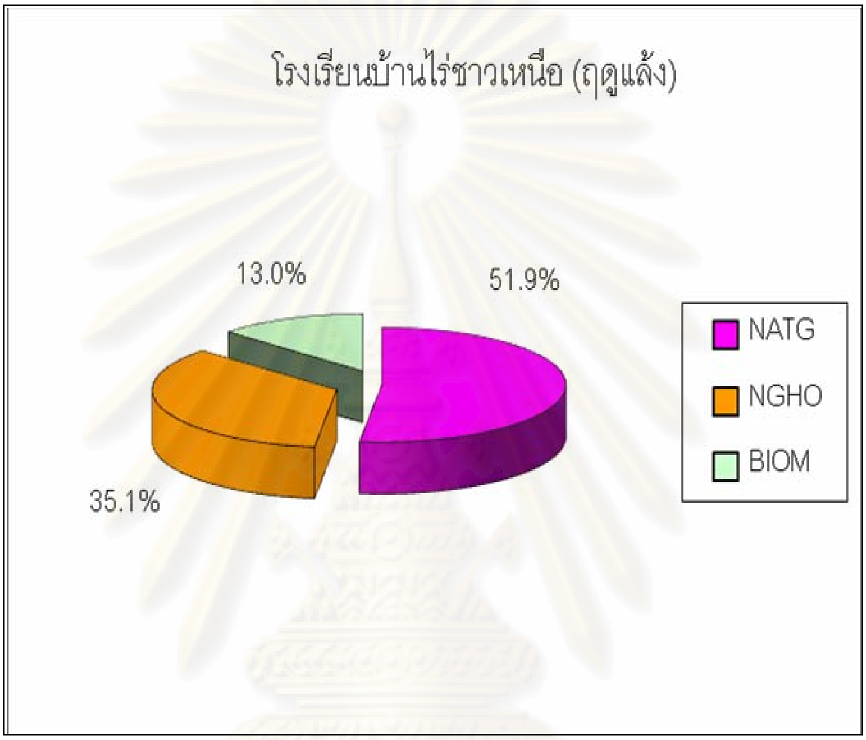
จุดเก็บตัวอย่างบริเวณโรงเรียนบ้านหนองสองห้องมีแหล่งกำเนิดของสารประกอบพีเอเอชส่วนใหญ่มาจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงของโรงไฟฟ้า คิดเป็นร้อยละ 95.6 โดยมาจากการเผาไหม้แก๊สธรรมชาติ (NATG) มากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 47.7 รองลงมาคือ การเผาไหม้แก๊สธรรมชาติและน้ำมันเตา (NGHO) ร้อยละ 47.7 และการเผาไหม้ชีวมวล (BIOM) ร้อยละ 4.3 ตามลำดับ ซึ่งมีความสอดคล้องกับทิศทางลมในช่วงฤดูแล้งบริเวณจุดเก็บตัวอย่างนี้ (ภาคผนวก ค) ซึ่งถึงแม้ว่าจะมีทิศลมหลัก คือ ทิศตะวันออกเฉียงเหนือ (NE) แต่มีความถี่ของลมที่พัดส่วนใหญ่มากจากทิศตะวันออกเฉียงใต้ (SE) และพื้นที่ดังกล่าวก็ตั้งอยู่ทางทิศตะวันตกเฉียงเหนือของโรงไฟฟ้าด้วย จึงมีความเป็นไปได้ที่จุดเก็บตัวอย่างบริเวณนี้จะได้รับสารประกอบพีเอเอชจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงในการผลิตกระแสไฟฟ้าของโรงไฟฟ้า นอกจากนี้บริเวณโดยรอบจุดเก็บตัวอย่างยังเป็นพื้นที่เกษตรกรรม จึงทำให้ได้รับอิทธิพลจากแหล่งกำเนิดประเภทการเผาไหม้ชีวมวลรวมอยู่ด้วย



ภาพที่ 4.23 สัดส่วนแหล่งกำเนิดของสารประกอบพีเอเอชบริเวณองค์การบริหารส่วนตำบลดอนทราย (ฤดูแล้ง)

จุดเก็บตัวอย่างบริเวณองค์การบริหารส่วนตำบลดอนทราย มีแหล่งกำเนิดของสารประกอบพีเอเอชส่วนใหญ่มาจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงของโรงไฟฟ้า คิดเป็นร้อยละ 78.3 โดยมาจากการเผาการเผาไหม้แก๊สธรรมชาติและน้ำมันเตา (NGHO) มากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 57.4 รองลงมาคือ การเผาไหม้ชีวมวล (BIOM) ร้อยละ 21.7 และการเผาไหม้แก๊สธรรมชาติ (NATG) ร้อยละ 20.9 ตามลำดับ ซึ่งมีความสอดคล้องกับทิศทางลมในช่วงฤดูแล้งบริเวณจุดเก็บตัวอย่างนี้ (ภาคผนวก ค) ซึ่งถึงแม้ว่าจะมีทิศลมหลัก คือ ทิศเหนือ (N) แต่มีความถี่ของลมที่พัดส่วนใหญ่มาก

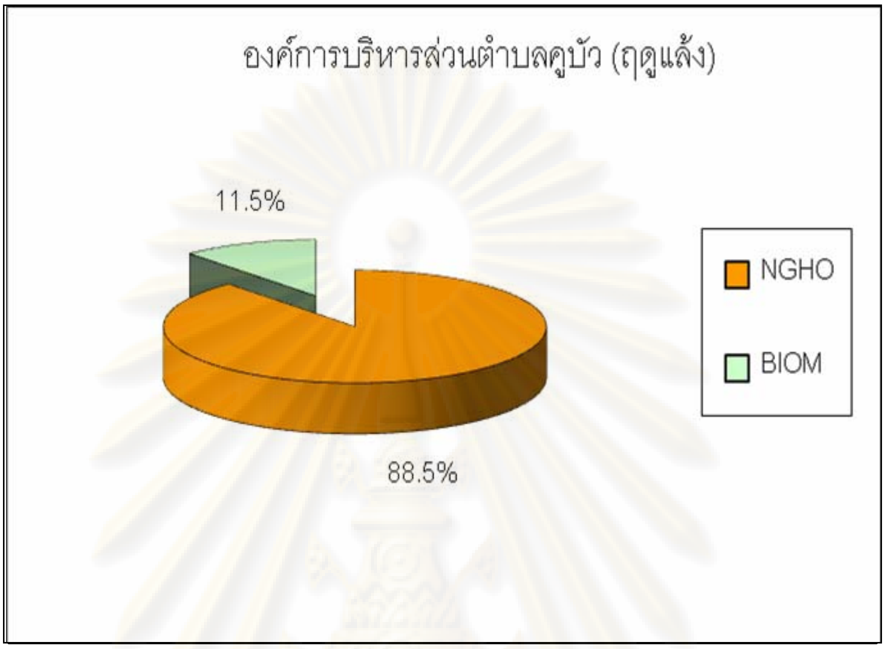
จากทิศตะวันออกเฉียงใต้ (SE) และพื้นที่ดังกล่าวก็ตั้งอยู่ทางทิศตะวันตกเฉียงเหนือของโรงไฟฟ้าด้วย จึงมีความเป็นไปได้ที่จุดเก็บตัวอย่างบริเวณนี้จะได้รับสารประกอบพีเอเอชจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงของโรงไฟฟ้า รวมทั้งบริเวณโดยรอบจุดเก็บตัวอย่างดังกล่าวยังเป็นพื้นที่เกษตรกรรม ซึ่งมักมีการเผาตอซังข้าวหลังจากทำการเก็บเกี่ยวผลผลิตในช่วงฤดูแล้ง จึงทำให้ได้รับอิทธิพลจากแหล่งกำเนิดประเภทการเผาไหม้ชีวมวลรวมอยู่ด้วย



ภาพที่ 4.24 สัดส่วนแหล่งกำเนิดของสารประกอบพีเอเอชบริเวณโรงเรียนบ้านไร่ชาวเหนือ (ฤดูแล้ง)

จุดเก็บตัวอย่างบริเวณโรงเรียนบ้านไร่ชาวเหนือ มีแหล่งกำเนิดของสารประกอบพีเอเอชส่วนใหญ่มาจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงของโรงไฟฟ้า คิดเป็นร้อยละ 87.0 โดยมาจากการเผาการเผาไหม้แก๊สธรรมชาติ (NATG) มากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 51.9 รองลงมาคือ การเผาไหม้แก๊สธรรมชาติและน้ำมันเตา (NGHO) ร้อยละ 35.1 และการเผาไหม้ชีวมวล (BIOM) ร้อยละ 13.0 ตามลำดับ ทั้งนี้ เนื่องจากพื้นที่ดังกล่าวตั้งอยู่ทางทิศตะวันออกเฉียงใต้ของโรงไฟฟ้าและเป็นจุดที่ใกล้กับโรงไฟฟ้ามากที่สุด นอกจากนี้ยังมีบริเวณใกล้เคียงเป็นพื้นที่เกษตรกรรมอยู่ใกล้เคียงกับจุดเก็บตัวอย่างนี้ จึงมีความเป็นไปได้ที่จุดเก็บตัวอย่างบริเวณนี้จะได้รับสารประกอบพีเอเอชจากจากแหล่งกำเนิดอื่นร่วมกับแหล่งกำเนิดจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงของโรงไฟฟ้า ซึ่งมีความสอดคล้องกับทิศทางลมในช่วงฤดูแล้งบริเวณจุดเก็บตัวอย่างนี้ แม้ว่าทิศทางลมในช่วงฤดูแล้งบริเวณจุดเก็บตัวอย่างนี้ (ภาคผนวก ค) จะมีทิศลมหลักและความถี่ของลมส่วนใหญ่มากจากทิศตะวันตกเฉียง

ใต้ (SW) แต่ก็ยังมีบางช่วงที่มีลมพัดมาทางทิศตะวันออกเฉียงใต้ (NE) จึงมีความเป็นไปได้ที่จุดเก็บตัวอย่างบริเวณนี้จะได้รับสารประกอบพีเอเอชจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงของโรงไฟฟ้าด้วยเช่นกัน



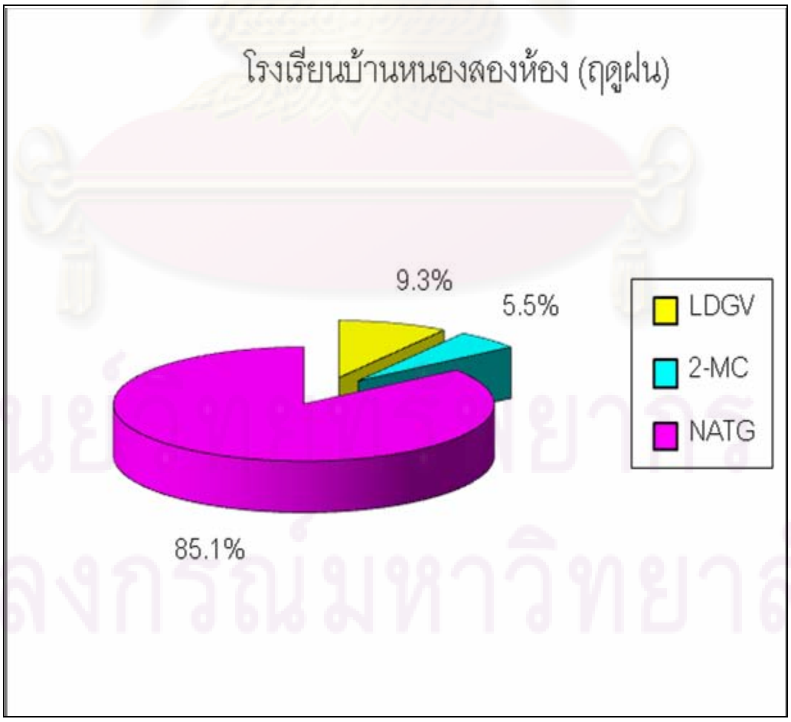
ภาพที่ 4.25 สัดส่วนแหล่งกำเนิดของสารประกอบพีเอเอชบริเวณองค์การบริหารส่วนตำบลคูบัว (ฤดูแล้ง)

จุดเก็บตัวอย่างบริเวณองค์การบริหารส่วนตำบลคูบัว มีแหล่งกำเนิดของสารประกอบพีเอเอชส่วนใหญ่มาจากการเผาไหม้แก๊สธรรมชาติและน้ำมันเตา (NGHO) เป็นเชื้อเพลิงในการผลิตกระแสไฟฟ้าของโรงไฟฟ้า คิดเป็นร้อยละ 88.5 และการเผาไหม้ชีวมวล (BIOM) ร้อยละ 11.5 ตามลำดับ เนื่องจากพื้นที่ดังกล่าวมีบริเวณใกล้เคียงเป็นพื้นที่เกษตรกรรม จึงมีความเป็นไปได้ที่จุดเก็บตัวอย่างบริเวณนี้จะได้รับสารประกอบพีเอเอชจากแหล่งกำเนิดอื่นร่วมกับแหล่งกำเนิดจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงของโรงไฟฟ้า ซึ่งมีความสอดคล้องกับการเผาไหม้เชื้อเพลิงของโรงไฟฟ้าที่พบว่าในช่วงฤดูแล้งมีความถี่ในการเผาไหม้แก๊สธรรมชาติและน้ำมันเตาเป็นเชื้อเพลิงในการผลิตกระแสไฟฟ้าสูงกว่าช่วงฤดูฝน นอกจากนี้ยังมีความสอดคล้องกับทิศทางลมในช่วงฤดูแล้งของบริเวณจุดเก็บตัวอย่างนี้ โดยทิศทางลมในช่วงฤดูแล้งบริเวณจุดเก็บตัวอย่างนี้ (ภาคผนวก ค) จะมีทิศลมหลักและความถี่ของลมส่วนใหญ่มากจากทิศตะวันตกเฉียงใต้ (NNW) แต่ก็ยังมีบางช่วงที่มีลมพัดมาทางทิศตะวันออกเฉียงใต้ (NE) และจุดเก็บตัวอย่างบริเวณนี้ตั้งอยู่ทางทิศตะวันตกเฉียงใต้ (SW) ของโรงไฟฟ้า จึงมีความเป็นไปได้ที่จุดเก็บตัวอย่างบริเวณนี้จะได้รับสารประกอบพีเอเอชจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงของโรงไฟฟ้าด้วยเช่นกัน

จากการวิเคราะห์สัดส่วนแหล่งกำเนิดของสารประกอบพีเอเอชในฤดูแล้งจากจุดเก็บตัวอย่างโดยรอบโรงไฟฟ้าทั้ง 5 จุด พบว่า สัดส่วนแหล่งกำเนิดของสารประกอบพีเอเอชจากทุกจุดส่วนใหญ่มาจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงของโรงไฟฟ้า โดยมาจากการเผาไหม้การเผาไหม้ก๊าซธรรมชาติและน้ำมันเตา คิดเป็นร้อยละ 57.2 รองลงมา คือ การเผาไหม้ก๊าซธรรมชาติ (ร้อยละ 30.2) และการเผาไหม้ชีวมวล (ร้อยละ 12.5) ตามลำดับ ซึ่งมีความสอดคล้องที่ตั้งและสภาพพื้นที่โดยรอบจุดเก็บตัวอย่างนั้นๆ ที่เป็นพื้นที่เกษตรกรรม และมักมีการเผาตอซังข้าวและวัชพืชในนาข้าวในช่วงฤดูแล้ง เพื่อเตรียมพื้นที่ให้พร้อมสำหรับทำการเกษตรกรรมในช่วงฤดูฝนต่อไป รวมทั้งยังสอดคล้องกับทิศทางของแต่ละจุดเก็บตัวอย่างด้วย

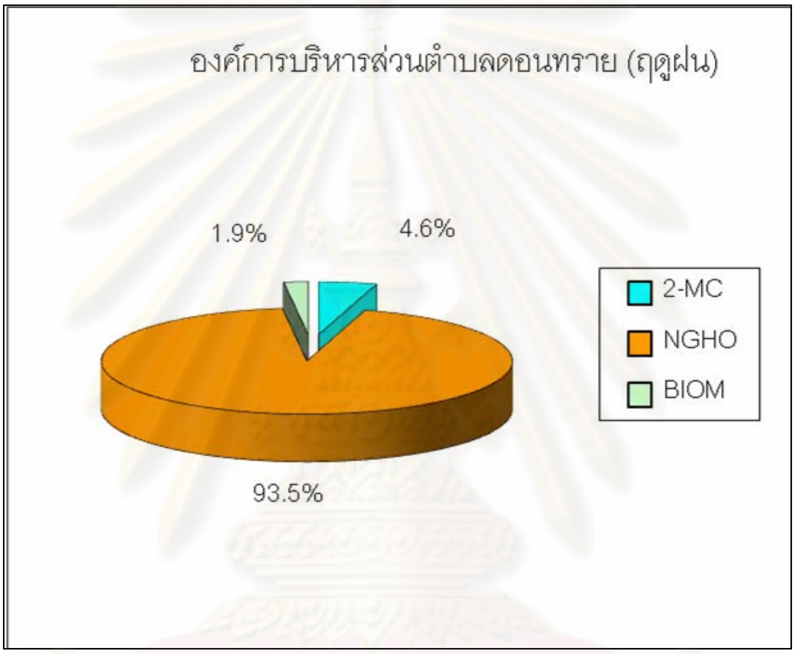
4.5.1.2 สัดส่วนแหล่งกำเนิดของสารประกอบพีเอเอชจากจุดเก็บตัวอย่างโดยรอบโรงไฟฟ้าในช่วงฤดูฝน

สัดสัดส่วนแหล่งกำเนิดของสารประกอบพีเอเอชจากจุดเก็บตัวอย่างโดยรอบโรงไฟฟ้าทั้ง 5 จุดในช่วงฤดูฝนนั้น (ภาพที่ 4.26-4.30) พบว่า ทุกจุดเก็บตัวอย่างส่วนใหญ่มีแหล่งกำเนิดมาจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงของโรงไฟฟ้าในพื้นที่ศึกษา และบางจุดเก็บตัวอย่างมีแหล่งกำเนิดอื่นๆมีส่วนร่วมด้วย คือ การเผาไหม้ชีวมวล รถยนต์เบนซีน รถยนต์ดีเซล และรถจักยานยนต์ ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้



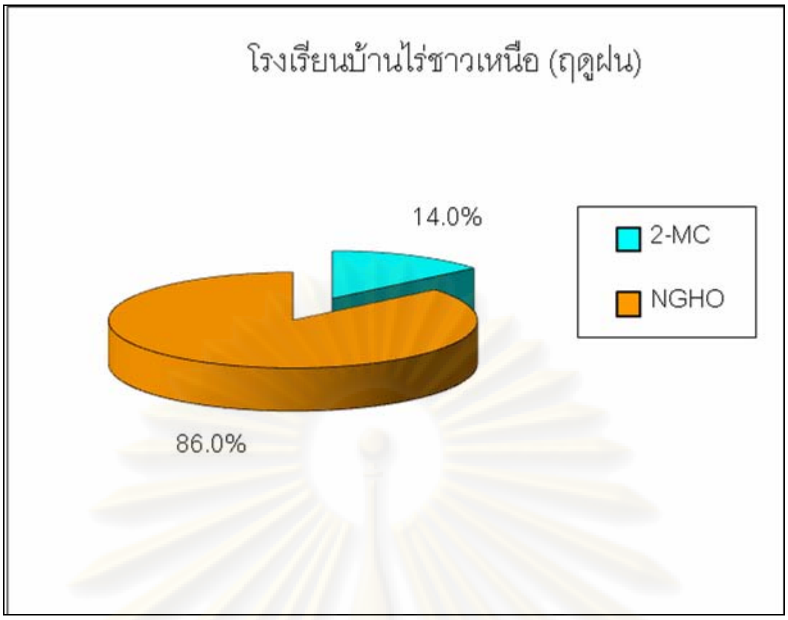
ภาพที่ 4.26 สัดส่วนแหล่งกำเนิดของสารประกอบพีเอเอชบริเวณโรงเรียนบ้านหนองสองห้อง (ฤดูฝน)

จุดเก็บตัวอย่างบริเวณโรงเรียนบ้านหนองสองห้องมีแหล่งกำเนิดของสารประกอบพีเอเอชส่วนใหญ่มาจากการเผาไหม้แก๊สธรรมชาติ (NATG) เป็นเชื้อเพลิงในการผลิตกระแสไฟฟ้าของโรงไฟฟ้า คิดเป็นร้อยละ 85.1 รองลงมาคือ รถยนต์เบนซีน (LDGV) ร้อยละ 9.3 และรถจักยานยนต์ 2 จังหวะ (2-MC) ร้อยละ 5.5 ตามลำดับ เนื่องจากจุดเก็บตัวอย่างนี้เป็นพื้นที่เป็นเขตชุมชนเล็กๆ ตั้งอยู่ใกล้กับถนนสายหลักในหมู่บ้าน จึงมีความเป็นไปได้ที่จุดเก็บตัวอย่างบริเวณนี้จะได้รับสารประกอบพีเอเอชจากยานพาหนะต่างๆ ร่วมกับแหล่งกำเนิดจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงของโรงไฟฟ้า



ภาพที่ 4.27 สัดส่วนแหล่งกำเนิดของสารประกอบพีเอเอชบริเวณองค์การบริหารส่วนตำบลดอนทราย (ฤดูฝน)

จุดเก็บตัวอย่างบริเวณองค์การบริหารส่วนตำบลดอนทราย มีแหล่งกำเนิดของสารประกอบพีเอเอชส่วนใหญ่มาจากจากการเผาไหม้แก๊สธรรมชาติและน้ำมันเตา (NGHO) เป็นเชื้อเพลิงในการผลิตกระแสไฟฟ้าของโรงไฟฟ้า คิดเป็นร้อยละ 93.5 รองลงมาคือ รถจักยานยนต์ 2 จังหวะ (2-MC) ร้อยละ 4.6 และการเผาไหม้ชีวมวล (BIOM) ร้อยละ 1.9 ตามลำดับ โดยพื้นที่บริเวณจุดเก็บตัวอย่างดังกล่าวนี้จัดเป็นสถานีราชการซึ่งมีผู้คนมาติดต่อราชการเป็นประจำ และบริเวณใกล้เคียงยังเป็นพื้นที่เกษตรกรรม จึงทำให้จึงมีความเป็นไปได้ที่จุดเก็บตัวอย่างบริเวณนี้จะได้รับสารประกอบพีเอเอชจากปล่องจากแหล่งกำเนิดที่เป็นยานพาหนะและการเผาไหม้ชีวมวลร่วมกับแหล่งกำเนิดจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงของโรงไฟฟ้า

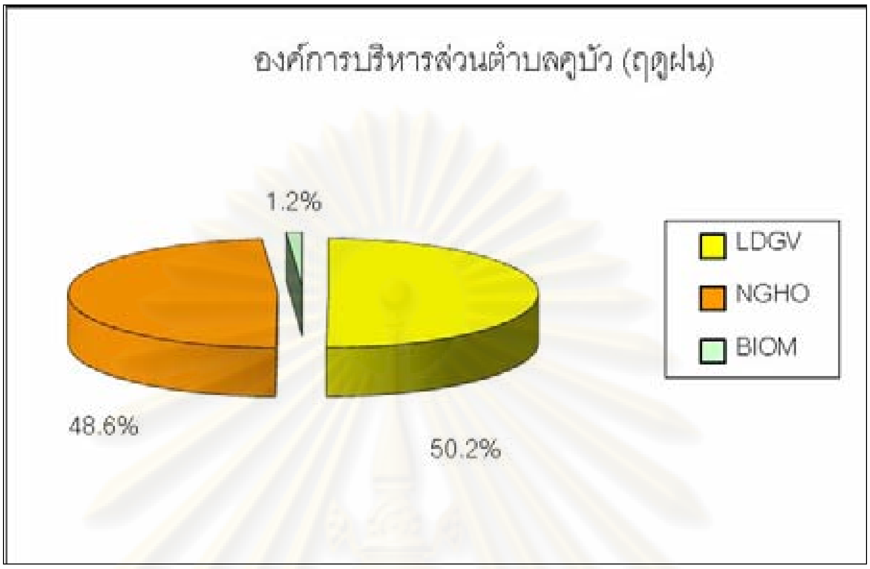


ภาพที่ 4.28 สัดส่วนแหล่งกำเนิดของสารประกอบพีเอเอชบริเวณโรงเรียนบ้านไร่ชาวเหนือ (ฤดูฝน)

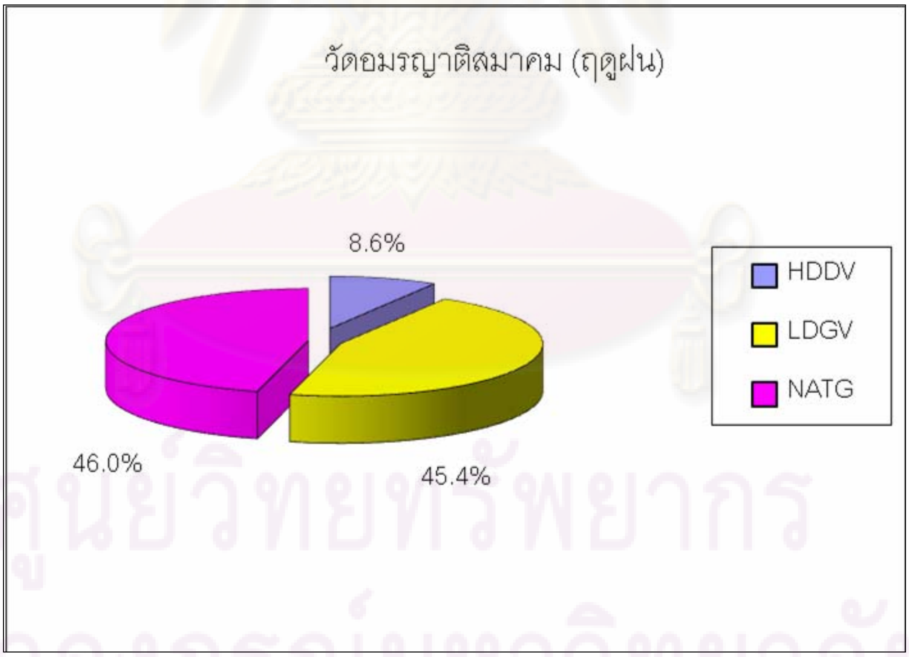
จุดเก็บตัวอย่างบริเวณโรงเรียนบ้านไร่ชาวเหนือ มีแหล่งกำเนิดของสารประกอบพีเอเอชส่วนใหญ่มาจากจากจากการเผาไหม้แก๊สธรรมชาติและน้ำมันเตา (NGHO) เป็นเชื้อเพลิงในการผลิตกระแสไฟฟ้าของโรงไฟฟ้า คิดเป็นร้อยละ 86.0 และรถจักยานยนต์ 2 จังหวะ (2-MC) ร้อยละ 14.0 ตามลำดับ เนื่องจากพื้นที่ดังกล่าวตั้งอยู่ทางทิศตะวันออกเฉียงใต้ของโรงไฟฟ้าซึ่งสอดคล้องกับทิศทางและความถี่ของลมในช่วงฤดูฝน ซึ่งพัดมาจากทิศตะวันตกเฉียงเหนือ (NW) และเป็นจุดที่ใกล้กับโรงไฟฟ้ามากที่สุด นอกจากนี้จุดเก็บตัวอย่างดังกล่าวจัดเป็นเขตชุมชน และมีถนนสายหลักในหมู่บ้านตั้งอยู่ใกล้เคียงกับจุดเก็บตัวอย่างนี้ จึงมีความเป็นไปได้ที่จุดเก็บตัวอย่างบริเวณนี้จะได้รับสารประกอบพีเอเอชจากปล่องจากแหล่งกำเนิดอื่นประเภทยานพาหนะร่วมกับแหล่งกำเนิดจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงของโรงไฟฟ้า

จุดเก็บตัวอย่างบริเวณองค์การบริหารส่วนตำบลคูบัว มีแหล่งกำเนิดของสารประกอบพีเอเอชส่วนใหญ่มาจากรถยนต์เบนซีน (LDGV) คิดเป็นร้อยละ 50.2 รองลงมาคือ การเผาไหม้แก๊สธรรมชาติและน้ำมันเตา (NGHO) เป็นเชื้อเพลิงในการผลิตกระแสไฟฟ้าของโรงไฟฟ้า ร้อยละ 48.6 และการเผาไหม้ชีวมวล (BIOM) ร้อยละ 1.2 ตามลำดับ เนื่องจากพื้นที่บริเวณจุดเก็บตัวอย่างดังกล่าวนี้จัดเป็นสถานีราชการซึ่งมีผู้คนมาติดต่อราชการเป็นประจำ นอกจากนั้นยังมีถนนสายหลักของชุมชนตัดผ่านด้านหน้าจุดเก็บตัวอย่าง และบริเวณใกล้เคียงยังเป็นพื้นที่เกษตรกรรม จึงทำให้จึงมีความเป็นไปได้ที่จุดเก็บตัวอย่างบริเวณนี้จะได้รับสารประกอบพีเอเอช

จากปล่องจากแหล่งกำเนิดที่เป็นยานพาหนะและการเผาไหม้ชีวมวลร่วมกับแหล่งกำเนิดจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงของโรงไฟฟ้า



ภาพที่ 4.29 สัดส่วนแหล่งกำเนิดของสารประกอบพีเอเอชบริเวณองค์การบริหารส่วนตำบลคูบัว (ฤดูฝน)



ภาพที่ 4.30 สัดส่วนแหล่งกำเนิดของสารประกอบพีเอเอชบริเวณโรงเรียนวัดอมรญาติสมาคม (ฤดูฝน)

จุดเก็บตัวอย่างบริเวณโรงเรียนวัดอมรญาติสมาคม มีแหล่งกำเนิดของสารประกอบพีเอเอชส่วนใหญ่มาจากการเผาไหม้แก๊สธรรมชาติ (NATG) เป็นเชื้อเพลิงในการผลิตกระแสไฟฟ้า

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ของโรงไฟฟ้า คิดเป็นร้อยละ 46.0 รองลงมาคือ รถยนต์เบนซิน (LDGV) ร้อยละ 45.4 และรถยนต์ดีเซลขนาดใหญ่ (HDDV) ร้อยละ 8.6 ตามลำดับ เนื่องจากพื้นที่ดังกล่าวจัดเป็นเขตชุมชน และมีถนนสายหลักในชุมชนตั้งอยู่ใกล้เคียงกับจุดเก็บตัวอย่างนี้ จึงมีความเป็นไปได้ที่จุดเก็บตัวอย่างบริเวณนี้จะได้รับสารประกอบพีเอเอชจากปล่องจากแหล่งกำเนิดอื่นประเภทยานพาหนะร่วมกับแหล่งกำเนิดจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงของโรงไฟฟ้า

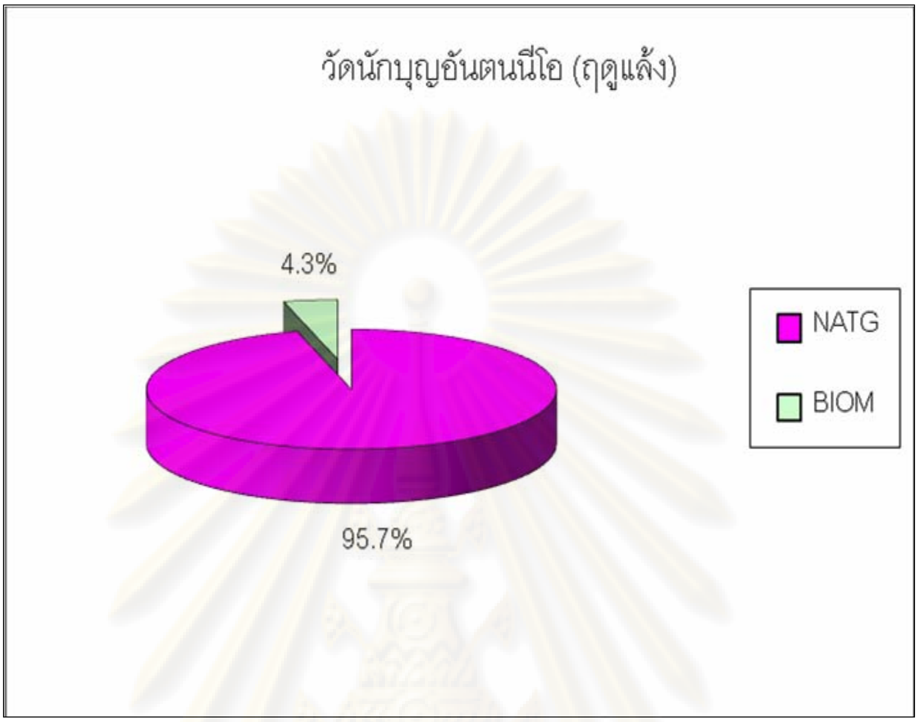
จากการวิเคราะห์สัดส่วนแหล่งกำเนิดของสารประกอบพีเอเอชในฤดูฝนจากจุดเก็บตัวอย่างโดยรอบโรงไฟฟ้าทั้ง 5 จุด พบว่า สัดส่วนแหล่งกำเนิดของสารประกอบพีเอเอชจากทุกจุดส่วนใหญ่มาจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงของโรงไฟฟ้า โดยมาจากการเผาไหม้ก๊าซธรรมชาติและน้ำมันเตา คิดเป็นร้อยละ 45.6 รองลงมา คือ การเผาไหม้ก๊าซธรรมชาติ (ร้อยละ 26.2) รถยนต์เบนซิน (ร้อยละ 19.1) รถจักยานยนต์ 2 จังหวะ (ร้อยละ 4.8) รถยนต์ดีเซลขนาดใหญ่ (ร้อยละ 1.7) และการเผาไหม้ชีวมวล (ร้อยละ 0.4) ตามลำดับ ซึ่งมีความสอดคล้องที่ตั้งและสภาพพื้นที่โดยรอบจุดเก็บตัวอย่างนั้นๆ ที่ตั้งอยู่ในเขตชุมชนและมีบริเวณโดยรอบเป็นพื้นที่เกษตรกรรม และเนื่องจากในฤดูฝนนั้นมีความเร็วลมส่วนใหญ่เป็นลมสงบ (ภาคผนวก ค) จึงทำให้สารประกอบพีเอเอชจากยานพาหนะมีอิทธิพลต่อจุดเก็บตัวอย่างนั้นๆเพิ่มขึ้นจากในฤดูแล้งซึ่งมีแหล่งกำเนิดหลักของสารประกอบพีเอเอชเป็นการเผาไหม้เชื้อเพลิงของโรงไฟฟ้า

4.5.1.3 **สัดส่วนแหล่งกำเนิดของสารประกอบพีเอเอชจากสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศแบบต่อเนื่องของโรงไฟฟ้า**

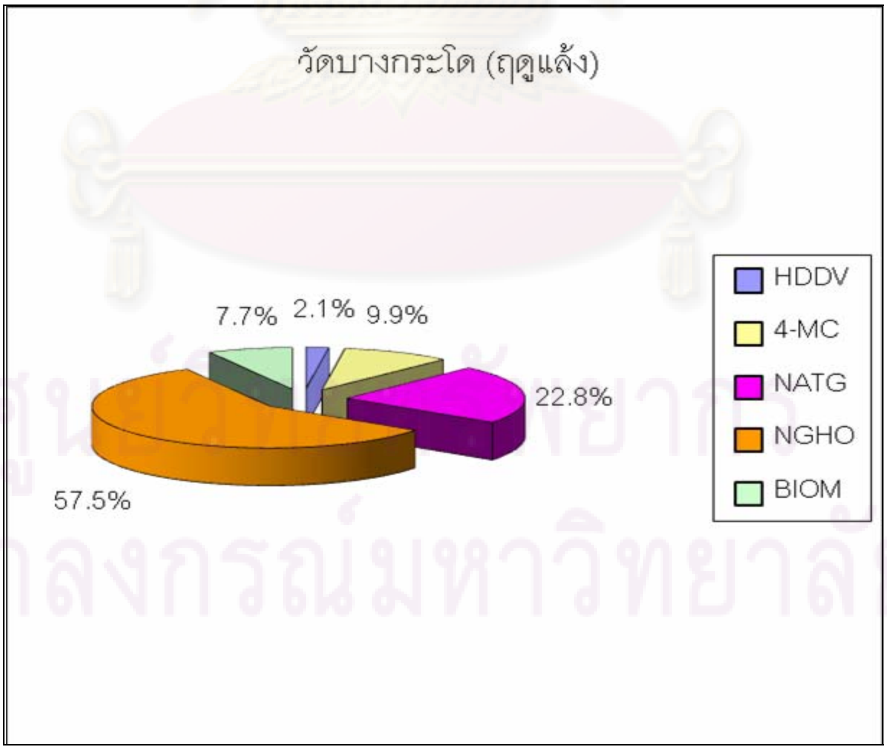
สัดสัดส่วนแหล่งกำเนิดของสารประกอบพีเอเอชจากสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศแบบต่อเนื่องของโรงไฟฟ้าทั้ง 4 จุดนี้ซึ่งทำการศึกษาเฉพาะช่วงฤดูแล้งเท่านั้น (ภาพที่ 4.31-4.33) พบว่า ทุกจุดเก็บตัวอย่างส่วนใหญ่มีแหล่งกำเนิดมาจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงของโรงไฟฟ้าในพื้นที่ศึกษา และบางจุดเก็บตัวอย่างมีแหล่งกำเนิดอื่นๆมีส่วนร่วมด้วย คือ การเผาไหม้ชีวมวล รถยนต์รถยนต์ดีเซล และรถจักยานยนต์ ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

จุดเก็บตัวอย่างบริเวณวัดนักบุญอันตนนีโอ มีแหล่งกำเนิดของสารประกอบพีเอเอชส่วนใหญ่มาจากการเผาไหม้แก๊สธรรมชาติ (NATG) เป็นเชื้อเพลิงในการผลิตกระแสไฟฟ้าของโรงไฟฟ้า คิดเป็นร้อยละ 95.7 และการเผาไหม้ชีวมวล (BIOM) ร้อยละ 4.3 ตามลำดับ ซึ่งมีความสอดคล้องกับทิศทางลมในช่วงฤดูแล้ง ซึ่งถึงแม้ว่าจะมีทิศลมหลัก คือทิศตะวันออกเฉียงใต้ (SE) แต่มีความถี่ของลมที่พัดมาจากทิศตะวันตกเฉียงเหนือ (NW) และพื้นที่ดังกล่าวก็ตั้งอยู่ทางทางทิศตะวันออกเฉียงใต้ของโรงไฟฟ้าและมีพื้นที่โดยรอบเป็นพื้นที่เกษตรกรรมที่มีการเผาวัชพืชและตอ

ซังข้าวในนาข้าว จึงมีความเป็นไปได้ที่จุดเก็บตัวอย่างบริเวณนี้จะได้รับสารประกอบพีเอเอชจากการเผาไหม้ชีวมวลร่วมกับแหล่งกำเนิดจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงของโรงไฟฟ้า

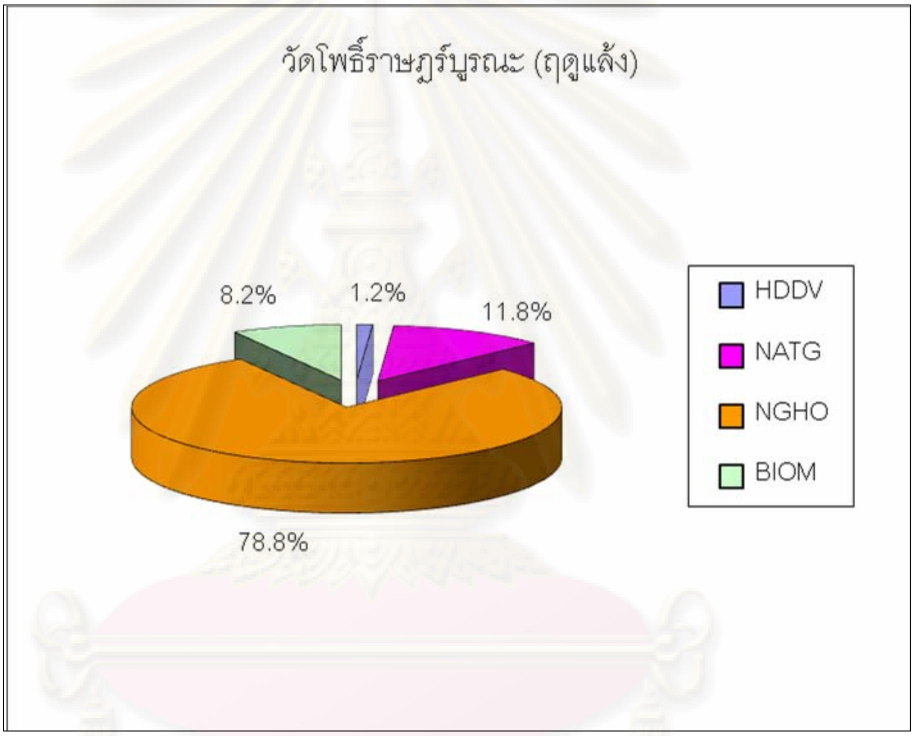


ภาพที่ 4.31 สัดส่วนแหล่งกำเนิดของสารประกอบพีเอเอชบริเวณวัดนักบุญอันตนนีโอ



ภาพที่ 4.32 สัดส่วนแหล่งกำเนิดของสารประกอบพีเอเอชบริเวณวัดบางกระโด

จุดเก็บตัวอย่างบริเวณวัดบางกระโด มีแหล่งกำเนิดของสารประกอบพีเอเอชส่วนใหญ่มาจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงของโรงไฟฟ้า โดยมาจากการเผาไหม้แก๊สธรรมชาติและน้ำมันเตา (NGHO) คิดเป็นร้อยละ 57.5 รองลงมาคือ การเผาไหม้แก๊สธรรมชาติ (NATG) ร้อยละ 22.8 การเผาไหม้ชีวมวล (BIOM) ร้อยละ 7.7 รถจักยานยนต์ 4 จังหวะ (4-MC) ร้อยละ 9.9 และรถยนต์ดีเซลขนาดใหญ่ (HDDV) ร้อยละ 2.1 ตามลำดับ เนื่องจากพื้นที่ดังกล่าวตั้งใกล้เคียงกับพื้นที่เกษตรกรรมและมีถนนสายหลักในหมู่บ้านตั้งอยู่ใกล้เคียงกับจุดเก็บตัวอย่างนี้ จึงมีความเป็นไปได้ที่จุดเก็บตัวอย่างบริเวณนี้จะได้รับสารประกอบพีเอเอชจากแหล่งกำเนิดอื่นร่วมกับแหล่งกำเนิดจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงของโรงไฟฟ้า



ภาพที่ 4.33 สัดส่วนแหล่งกำเนิดของสารประกอบพีเอเอชบริเวณวัดโพธิ์ราษฎร์บูรณะ

จุดเก็บตัวอย่างบริเวณวัดโพธิ์ราษฎร์บูรณะมีแหล่งกำเนิดของสารประกอบพีเอเอชส่วนใหญ่มาจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงของโรงไฟฟ้า โดยมาจากการเผาไหม้แก๊สธรรมชาติและน้ำมันเตา (NGHO) คิดเป็นร้อยละ 77.8 รองลงมาคือ การเผาไหม้แก๊สธรรมชาติ (NATG) ร้อยละ 11.8 การเผาไหม้ชีวมวล (BIOM) ร้อยละ 8.2 และและรถยนต์ดีเซลขนาดใหญ่ (HDDV) ร้อยละ 1.2 ตามลำดับ เนื่องจากพื้นที่ดังกล่าวตั้งใกล้เคียงกับพื้นที่เกษตรกรรมและมีถนนสายหลักในหมู่บ้านตั้งอยู่ใกล้เคียงกับจุดเก็บตัวอย่างนี้ จึงมีความเป็นไปได้ที่จุดเก็บตัวอย่างบริเวณนี้จะได้รับสารประกอบพีเอเอชจากแหล่งกำเนิดอื่นร่วมกับแหล่งกำเนิดจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงของโรงไฟฟ้า

สำหรับจุดเก็บตัวอย่างบริเวณวัดชาวเหนือนั้น ไม่สามารถทำการวิเคราะห์สัดส่วนแหล่งกำเนิดของสารประกอบพีเอเอชได้ เนื่องมาจากเมื่อทำการประมวลผลด้วยแบบจำลองดุลยภาพมวลเคมีแล้วให้ค่าการตัดสินใจต่ำทุกแหล่งกำเนิด (ภาคผนวก จ) โดยมีค่า Percent Mass คิดเป็นร้อยละ 0.00, ค่า R-squar เท่ากับ 0.00, ค่า Chi-squar เท่ากับ 25.0 และค่า TSAT ต่ำกว่า 2.0 จึงทำให้ไม่สามารถทำการประมวลผลได้ ทั้งนี้เนื่องมาจากจุดเก็บตัวอย่างนี้มีลักษณะการกระจายตัวของสารประกอบพีเอเอชแตกต่างจากจุดอื่นๆ มาก และพื้นที่ดังกล่าวเป็นเขตศาสนสถานอาจได้รับอิทธิพลของสารประกอบพีเอเอชจากการเผาศพ แต่เนื่องจากไม่มีข้อมูลจากการศึกษาสารประกอบพีเอเอชจากการเผาศพมาก่อน จึงทำให้ไม่สามารถนำข้อมูลดังกล่าวมาเป็นข้อมูลแหล่งกำเนิดในการวิเคราะห์ด้วยแบบจำลองดุลยภาพมวลเคมีได้ ซึ่งสรุปได้ว่าไม่มีแหล่งกำเนิดใดสอดคล้องกับลักษณะการกระจายตัวของสารประกอบพีเอเอชจากจุดเก็บตัวอย่างนี้

จากการวิเคราะห์สัดส่วนแหล่งกำเนิดของสารประกอบพีเอเอชในฤดูแล้งจากสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศแบบต่อเนื่องของโรงไฟฟ้าทั้ง 4 จุด พบว่า สัดส่วนแหล่งกำเนิดของสารประกอบพีเอเอชจากทุกจุดส่วนใหญ่มาจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงของโรงไฟฟ้า โดยมาจากการเผาไหม้ก๊าซธรรมชาติและน้ำมันเตา คิดเป็นร้อยละ 45.4 รองลงมา คือ การเผาไหม้ก๊าซธรรมชาติ (ร้อยละ 43.4) การเผาไหม้ชีวมวล (ร้อยละ 6.7) รถจักยานยนต์ 4 จังหวะ (ร้อยละ 3.3) และรถยนต์ดีเซลขนาดใหญ่ (ร้อยละ 1.1) ตามลำดับ ซึ่งมีความสอดคล้องที่ตั้งและสภาพพื้นที่โดยรอบจุดเก็บตัวอย่างนั้นๆ ที่ตั้งอยู่ในเขตชุมชนและมีบริเวณโดยรอบเป็นพื้นที่เกษตรกรรม และมักมีการเผาตอซังข้าวและวัชพืชในนาข้าวในช่วงฤดูแล้ง เพื่อเตรียมพื้นที่ให้พร้อมสำหรับทำการเกษตรกรรมในช่วงฤดูฝนต่อไป จึงทำให้มีสารประกอบพีเอเอชจากยานพาหนะและการเผาไหม้ชีวมวลเข้ามามีอิทธิพลต่อจุดเก็บตัวอย่างนั้นๆเพิ่มขึ้นจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงของโรงไฟฟ้า

4.6 การเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์สัดส่วนแหล่งกำเนิดของสารประกอบพีเอเอชด้วยแบบจำลองดุลยภาพมวลเคมีและการหาความสัมพันธ์ลายนิ้วมือของสารประกอบพีเอเอช

จากผลการวิเคราะห์สัดส่วนแหล่งกำเนิดของสารประกอบพีเอเอชจากการใช้แบบจำลองดุลยภาพมวลเคมีนั้น พบว่า การประมวนผลของแบบจำลองดุลยภาพมวลเคมีสามารถบอกได้ว่า แหล่งกำเนิดหลักของสารประกอบพีเอเอชในพื้นที่ศึกษามาจากที่ใดได้บ้าง พร้อมกันนั้นยังสามารถบอกถึงสัดส่วนของแหล่งกำเนิดต่างๆที่อาจมีอิทธิพลต่อจุดเก็บตัวอย่างนั้นๆ ได้อีกด้วย โดยผลจากการศึกษาแบบจำลองดุลภาพมวลเคมีนั้น พบว่า แหล่งกำเนิดหลักของสารประกอบพีเอเอชส่วนใหญ่มาจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงในการผลิตกระแสไฟฟ้าของโรงไฟฟ้า นอกจากนี้ยังมี

แหล่งกำเนิดอื่นๆ ร่วมด้วย ได้แก่ การเผาไหม้ชีวมวล รถยนต์เบนซิน รถยนต์ดีเซลขนาดใหญ่ รถจักรยานยนต์ 2 จังหวะ และรถจักรยานยนต์ 4 จังหวะ เป็นต้น โดยมีสัดส่วนแตกต่างกันออกไปในแต่ละจุดเก็บตัวอย่าง ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาความสัมพันธ์ลายนิ้วมือของสารประกอบพีเอเอชที่พบว่าแหล่งกำเนิดหลักของสารประกอบพีเอเอชส่วนใหญ่มาจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงในการผลิตกระแสไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าเช่นเดียวกัน นอกจากนี้ยังมีแหล่งกำเนิดอื่นๆร่วมด้วย ได้แก่ รถยนต์เบนซิน และรถจักรยานยนต์ 4 จังหวะ เป็นต้น

ตารางที่ 4.15 ความสัมพันธ์ระหว่างแบบจำลองดุลยภาพมวลเคมีและความสัมพันธ์ทางสถิติของแหล่งกำเนิดต่างๆกับจุดเก็บตัวอย่างในพื้นที่ศึกษา

จุดเก็บตัวอย่าง	ความสัมพันธ์ทางสถิติกับแหล่งกำเนิด	CMB 8.2
<u>จุดเก็บตัวอย่างโดยรอบ</u> ร.ร. บ้านหนองสองห้อง	NG, NG+HO และ 4-Stroke Motorcycle	NATG, NGHO, BIOM, LDGV และ 2-MC
อบต. ดอยทราย	NG, NG+HO และ 4-Stroke Motorcycle	NATG, NGHO, BIOM และ 2-MC
ร.ร. บ้านไร่ชาวเหนือ	NG, NG+HO และ 4-Stroke Motorcycle	NATG, NGHO, BIOM และ 2-MC
อบต. คูบัว	NG, NG+HO และ 4-Stroke Motorcycle	NATG, NGHO, BIOM และ LDGV
ร.ร.วัดอมรญาติสมาคม	NG, NG+HO และ 4-Stroke Motorcycle	NATG, HDDV และ LDGV
<u>สถานีตรวจวัดอากาศต่อเนื่องของโรงไฟฟ้า</u> วัดนักบุญอันตนนีโอ	4-Stroke Motorcycle	NATG และ BIOM
วัดบางกระโด	NG, NG+HO และ 4-Stroke Motorcycle	NATG, NGHO, BIOM, HDDV และ 4-MC
วัดโพธิ์ราษฎร์บูรณะ	NG, NG+HO และ 4-Stroke Motorcycle	NATG, NGHO, BIOM และ HDDV
วัดชาวเหนือ	LDGV	ไม่พบ

หมายเหตุ: NG และ NATG คือ การเผาไหม้แก๊สธรรมชาติ

NG+HO และ NGHO คือ การเผาไหม้แก๊สธรรมชาติและน้ำมันเตา

4-MC และ 4-Stroke Motorcycle คือ รถจักรยานยนต์ 4 จังหวะ

LDGV คือ รถยนต์เบนซิน

HDDV คือ รถยนต์ดีเซลขนาดใหญ่

2-MC คือ รถจักรยานยนต์ 2 จังหวะ

BIOM คือ การเผาไหม้ชีวมวล

ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากในพื้นที่ที่ทำการศึกษานั้น มีแหล่งกำเนิดหลักของสารประกอบพีเอเอชที่สำคัญมากเพียงแห่งเดียว และพื้นที่นี้ส่วนใหญ่เป็นลมสงบ จึงทำให้การกระจายของสารประกอบพีเอเอชสามารถกระจายไปได้ช้าและไม่ไกลจากแหล่งกำเนิดมากนัก นอกจากนี้โรงไฟฟ้าเป็นแหล่งกำเนิดหลักเพียงชนิดเดียวที่ทำการเก็บและวิเคราะห์ความเข้มข้นของสารประกอบพีเอเอชในการศึกษาครั้งนี้ ซึ่งทำให้มีข้อมูลที่ใกล้เคียงกับตัวอย่างจากแหล่งรับมลพิษ จึงทำให้มีความสมบูรณ์ของฐานข้อมูลสูงกว่าแหล่งกำเนิด ทั้งนี้เนื่องมาจากฐานข้อมูลเกี่ยวกับแหล่งกำเนิดของสารประกอบพีเอเอชในประเทศส่วนใหญ่ยังถูกจำกัดในกลุ่มของยานพาหนะ และเป็นการศึกษาในพื้นที่เขตเมือง ทั้งที่ในความเป็นจริงแล้วสารประกอบพีเอเอชสามารถเกิดขึ้นได้จากแหล่งกำเนิดอื่นๆที่สำคัญที่น่าสนใจ เช่น โรงงานอุตสาหกรรมต่างๆ การเผาไหม้ชีวมวล และโรงไฟฟ้า เป็นต้น ถึงแม้ว่าการศึกษาความสัมพันธ์ลายนิ้วมือของสารประกอบพีเอเอชนั้นจะไม่สามารถบอกถึงสัดส่วนของแหล่งกำเนิดต่างๆที่มีอิทธิพลร่วมกับจุดเก็บตัวอย่างนั้นๆได้อย่างชัดเจน แต่สามารถใช้ความสัมพันธ์ลายนิ้วมือของสารประกอบพีเอเอชในการศึกษาแหล่งกำเนิดมลในพิษเบื้องต้นได้ ทั้งนี้ อาจมีการใช้แบบจำลองแหล่งรับมลพิษทางอากาศชนิดอื่นๆ เช่น Principle component analysis (PCA) และ Factor analysis-multiple regression (FA-MR) ร่วมศึกษาด้วย เนื่องจากเป็นการทดสอบความถูกต้องในการวิเคราะห์สัดส่วนของแหล่งกำเนิดมลพิษแล้ว ยังสามารถปรับปรุงและเลือกใช้แบบจำลองแหล่งรับมลพิษทางอากาศที่มีความเหมาะสมมากที่สุดในการศึกษาถึงแหล่งกำเนิดของสารมลพิษชนิดต่างๆของประเทศไทยต่อไป เพราะแบบจำลองแต่ละชนิดย่อมมีข้อเด่นและข้อด้อยในแต่ละแบบจำลอง เพื่อให้การศึกษาสัดส่วนแหล่งกำเนิดของสารประกอบพีเอเอชสามารถทำได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด

4.7 การเปรียบเทียบค่าความเข้มข้นของสารประกอบพีเอเอชกับค่ามาตรฐาน

ในการกำหนดค่ามาตรฐานของสารประกอบพีเอเอชในบรรยากาศทั่วไปนั้น องค์การอนามัยโลก (World Health Organization; WHO) ได้กำหนดให้ใช้สารประกอบพีเอเอชชนิด BaP เป็นตัวบ่งชี้ถึงการปนเปื้อนของสารประกอบพีเอเอชในบรรยากาศ เนื่องจากสารประกอบพีเอเอชชนิดนี้จัดเป็นสารก่อมะเร็งชนิด 2A คือ เป็นสารที่น่าจะก่อมะเร็งในคน และสารชนิดนี้ยังสามารถพบได้ทั่วไปจากการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ จึงนำมาใช้เป็นตัวบ่งชี้การปนเปื้อนของสารปะกอบพีเอเอชได้ ซึ่งองค์การอนามัยโลกได้กำหนดให้ในบรรยากาศทั่วไปนั้นมีสารประกอบพีเอเอชชนิด BaP ไม่ควรเกิน 1.0 ng/m^3 (กรมควบคุมมลพิษ, 2543) แต่จากการศึกษาครั้งนี้ พบว่าทุกจุดเก็บตัวอย่างในพื้นที่ศึกษามีค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของ BaP ในฝุ่นละอองในช่วงฤดูแล้งระหว่าง 8.722-19.950 ng/m^3 และ 0.149-1.046 ng/m^3 ในช่วงฤดูฝน ตามลำดับ (ตารางที่ 4.16) ซึ่งพบว่ามีความเข้มข้นเฉลี่ยของ BaP สูงกว่าค่ามาตรฐานที่กำหนดโดยองค์การอนามัยโลกในช่วงฤดูแล้ง

แต่มีค่าไม่เกินค่ามาตรฐานในช่วงฤดูฝน ยกเว้นจากจุดเก็บตัวอย่างบริเวณโรงเรียนบ้านหนองสองห้องเท่านั้นที่มีค่า BaP เกินมาตรฐานในฤดูฝน

ตารางที่ 4.16 ความเข้มข้นเฉลี่ยของสารประกอบพีเอเอชชนิด BaP ในช่วงฤดูแล้งและฤดูฝนจากจุดเก็บตัวอย่างทั้งหมดในพื้นที่ศึกษา

จุดเก็บตัวอย่าง	ค่าเฉลี่ยฤดูแล้ง (ng/m^3)	ค่าเฉลี่ยฤดูฝน (ng/m^3)
โรงเรียนบ้านหนองสองห้อง	6.794 [a]	1.046 [a]
องค์การบริหารส่วนตำบลดอนทราย	7.331 [a]	0.590 [a]
โรงเรียนบ้านไร่ชาวเหนือ	6.759 [a]	0.149 [a]
องค์การบริการส่วนตำบลคูบัว	8.722 [a]	0.271 [a]
โรงเรียนวัดอมรญาติสมาคม	-	0.299 [a]
วัดนักบุญอันตนนีโอ	17.350 [b]	-
วัดบางกระโด	2.175 [b]	-
วัดโพธิ์ราษฎร์บูรณะ	4.449 [b]	-
วัดชาวเหนือ	19.950 [b]	-

หมายเหตุ: a คือ ค่าความเข้มข้นเฉลี่ย 24 ชั่วโมงของ BaP
b คือ ค่าความเข้มข้นเฉลี่ย 8 ชั่วโมงของ BaP

เมื่อพิจารณาจากข้อมูลความเข้มข้นของ BaP จากข้อมูลในภาคผนวก ข นั้นพบว่าค่าความเข้มข้นเฉลี่ย 24 ชั่วโมงของ BaP จากทุกจุดเก็บตัวอย่างอากาศโดยรอบโรงไฟฟ้าในช่วงฤดูแล้งมีค่าสูงสุดเฉพาะตัวอย่างอากาศเดือนมกราคม (26-27 มกราคม 2549) เท่านั้น โดยมีค่าระหว่าง 25.315-33.005 ng/m^3 ในขณะที่ตัวอย่างอากาศในช่วงฤดูร้อนของเดือนอื่นๆ มีค่าระหว่าง 0.015-0.942 ng/m^3 เท่านั้น ซึ่งมีค่าไม่เกินค่ามาตรฐานขององค์การอนามัยโลก โดยพบว่าตัวอย่างอากาศในเดือนมกราคม 2549 นั้นมีลักษณะการกระจายตัวของสารประกอบพีเอเอชแตกต่างจากตัวอย่างอากาศโดยรอบโรงฟ้าจากเดือนอื่นๆในฤดูกาลเดียวกัน จึงมีผลทำให้มีค่าความเข้มข้นเฉลี่ย 24 ชั่วโมงของ BaP ในฤดูแล้งมีค่าสูงกว่าค่ามาตรฐานมาก ทั้งนี้ BaP มักพบเป็นสารประกอบพีเอเอชหลักจากการเผาไหม้น้ำมันในโรงงานอุตสาหกรรมและการเผาไหม้ชีวมวลประเภทไม้ต่างๆ (Yang et al., 1998 และ Kulkarni and Venkataraman, 2000) สำหรับในฤดูฝนนั้น พบว่า ทุกจุดเก็บตัวอย่างอากาศโดยรอบโรงไฟฟ้ามีค่าความเข้มข้นเฉลี่ย 24 ชั่วโมงของ BaP ระหว่าง 0.056-2.183 ng/m^3 โดยมีตัวอย่างอากาศของเดือนมิถุนายน 2549 จากบริเวณโรงเรียนบ้านหนองสองห้องเพียงตัวอย่างเดียวเท่านั้นที่มีค่าเกินมาตรฐานขององค์การอนามัยโลก ซึ่งมีค่า

ต่ำกว่าผลจากการศึกษาของ ปาจรีย์ ทองสนิท (2545) ที่ได้ทำการวิเคราะห์หาสารประกอบพีเอเอชในเขตกรุงเทพมหานคร พบว่า ในพื้นที่ริมถนนของกรุงเทพมหานครนั้นมีค่าความเข้มข้นของ BaP ระหว่าง 3.0-6.0 ng/m^3 ในขณะที่ค่าความเข้มข้นเฉลี่ย 24 ชั่วโมงของ BaP จากตัวอย่างจากสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศแบบต่อเนื่องของโรงไฟฟ้าจากทุกจุดเก็บตัวอย่างในช่วงฤดูแล้งนั้นมีค่าระหว่าง ND (0.246 ng/m^3)-54.887 ng/m^3 (ภาคผนวก ข) โดยตัวอย่างอากาศส่วนใหญ่ของสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศของโรงไฟฟ้า (นอกจากตัวอย่างที่รายงานค่าเป็น ND) นั้นมีค่าความเข้มข้น 24 ชั่วโมงของ BaP สูงกว่าค่ามาตรฐานขององค์การอนามัยโลกมาก ซึ่งมีความสอดคล้องกับกิจกรรมที่เกิดขึ้นในพื้นที่นั้นๆ ซึ่งทุกสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศแบบต่อเนื่องของโรงไฟฟ้าตั้งอยู่ในเขตศาสนสถานและอยู่ในรัศมีที่ใกล้กับโรงไฟฟ้ามากกว่าจุดเก็บตัวอย่างอากาศโดยรอบโรงไฟฟ้าจึงทำให้ได้รับอิทธิพลจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงของโรงไฟฟ้าร่วมด้วย เนื่องจาก BaP นั้นมักพบเป็นสารประกอบพีเอเอชหลักจากการเผาไหม้น้ำมันในโรงงานอุตสาหกรรมและการเผาไหม้ชีวมวลประเภทไม้ต่างๆ (Yang et al., 1998 และ Kulkarni and Venkataraman, 2000) ซึ่งแสดงให้เห็นว่าประชาชนที่พักอาศัยอยู่ในพื้นที่ดังกล่าวมีความเสี่ยงสูงที่ทำให้เกิดมะเร็งได้ ดังนั้นจึงควรมีการกำหนดมาตรการต่างๆ ในการลดและกำจัดสารประกอบพีเอเอชในบรรยากาศ เพื่อป้องกันผลกระทบที่เกิดขึ้นต่อสุขภาพอนามัยของประชาชนต่อไป

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ต้นฉบับไม่มีหน้านี้
NO THIS PAGE IN ORIGINAL

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 5

สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการศึกษา

5.1.1 ความเข้มข้นของฝุ่นละอองรวมจากปล่องของโรงไฟฟ้า

ผลการตรวจวัดความเข้มข้นของฝุ่นละอองรวม (TSP) จากปล่องของโรงไฟฟ้าทั้ง 8 ปล่อง ในระหว่างวันที่ 8-19 พฤษภาคม 2549 พบว่า ความเข้มข้นของฝุ่น TSP ที่ตรวจวัดได้มีค่าอยู่ในช่วงระหว่าง 0.139-49.210 mg/m^3 ทั้งนี้พบว่า ปล่องที่มีความเข้มข้นของฝุ่นละอองสูงสุด คือ ปล่องของหน่วยผลิต Thermal Unit 2 มีค่าเท่ากับ 49.210 mg/m^3 ซึ่งมีค่าไม่เกินมาตรฐานของฝุ่นละอองจากปล่องโรงไฟฟ้าใหม่ทุกขนาดที่ใช้แก๊สธรรมชาติเป็นเชื้อเพลิง ที่กำหนดว่าต้องมีค่าไม่เกิน 60 mg/m^3 (กระทรวงอุตสาหกรรม, 2547) ส่วนปล่องที่มีความเข้มข้นของฝุ่นละอองต่ำสุด คือ ปล่องของหน่วยผลิต Combine Unit 1-1 ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.139 mg/m^3 ทั้งนี้ สาเหตุที่ปล่องของ Thermal Unit 2 มีค่าความเข้มข้นของฝุ่นละอองรวมสูงกว่าปล่องอื่นๆนั้น มีความสอดคล้องกับเชื้อเพลิงที่ใช้ในการผลิตกระแสไฟฟ้าโดยในระหว่างที่ทำการเก็บตัวอย่างจากปล่องดังกล่าวนั้น ได้มีการใช้น้ำมันเตาและแก๊สธรรมชาติเป็นเชื้อเพลิงในการผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยสัดส่วนของน้ำมันเตาและแก๊สธรรมชาติมีค่าเท่ากับร้อยละ 4.00 และ 96.00 ตามลำดับ ในขณะที่ปล่องอื่นๆ ใช้แก๊สธรรมชาติเป็นเชื้อเพลิงในการผลิตเพียงอย่างเดียว

5.1.2 ความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน

ผลการตรวจวัดความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน (PM_{10}) เฉลี่ย 24 ชั่วโมง จากพื้นที่ศึกษาทั้ง 5 จุด รัศมี 20 กิโลเมตรโดยรอบโรงไฟฟ้า ระหว่างเดือนมกราคม ถึงเดือนกรกฎาคม 2549 จำนวน 8 ครั้ง โดยมีจำนวนตัวอย่างทั้งหมด 32 ตัวอย่าง พบว่า ความเข้มข้นของฝุ่น PM_{10} ที่ตรวจวัดได้มีค่าอยู่ในช่วงระหว่าง 18.01-79.27 µg/m^3 ทั้งนี้พบว่า จุดที่มีความเข้มข้นของฝุ่น PM_{10} สูงสุด คือ บริเวณโรงเรียนบ้านหนองสองห้อง มีค่าเท่ากับ 79.27 µg/m^3 ซึ่งมีค่าไม่เกินมาตรฐานของฝุ่น PM_{10} ในบรรยากาศทั่วไป ที่กำหนดว่าต้องมีค่าไม่เกิน 120 µg/m^3 (กรมควบคุมมลพิษ, 2547) ขณะเดียวกันความเข้มข้นของฝุ่น PM_{10} ต่ำสุดที่ตรวจวัดได้คือบริเวณนี้เช่นเดียวกัน ซึ่งมีค่าเท่ากับ 18.01 µg/m^3 จากผลการศึกษาข้างต้นนำมาทำการเปรียบเทียบความเข้มข้นของฝุ่น PM_{10} โดยแบ่งออกเป็น 2 ฤดูกาล ได้แก่ ฤดูแล้ง (มกราคม-พฤษภาคม พ.ศ. 2549)

และฤดูฝน (มิถุนายน-กรกฎาคม พ.ศ. 2549) พบว่า ความเข้มข้นเฉลี่ยของฝุ่น PM_{10} ในช่วงฤดูแล้งมีค่าสูงกว่าในช่วงฤดูฝน ทั้งนี้น่าจะเป็นผลสืบเนื่องมาจากกระบวนการชะล้างของฝน

5.1.3 ความเข้มข้นและรูปแบบการกระจายตัวของสารประกอบพีเอเอชจากปล่องของโรงไฟฟ้า

ผลการศึกษาความเข้มข้นรวมของสารประกอบพีเอเอชทั้ง 16 ชนิด (Total PAHs) จากปล่องของโรงไฟฟ้าทั้ง 8 ปล่อง ซึ่งทำการเก็บตัวอย่างปล่องละ 1 ครั้ง ในระหว่างวันที่ 8-19 พฤษภาคม 2549 พบว่า ความเข้มข้นรวมของสารประกอบพีเอเอชที่ตรวจวัดได้มีค่าอยู่ในช่วงระหว่าง 6.92-1,122.38 ng/m^3 และมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 187.09 ng/m^3 ทั้งนี้พบว่า ปล่องที่มีความเข้มข้นรวมของสารประกอบพีเอเอชสูงสุด คือ ปล่องของหน่วยผลิต Thermal Unit 2; The 2 ซึ่งมีค่าเท่ากับ 1,122.38 ng/m^3 รองลงมา คือ ปล่องของหน่วยผลิต Combine Unit 3-1; Com 31 ซึ่งมีค่าความเข้มข้นรวมของสารประกอบพีเอเอชเท่ากับ 211.5 ng/m^3 ส่วนปล่องที่มีความเข้มข้นรวมของสารประกอบพีเอเอชต่ำสุด คือ ปล่องของหน่วยผลิต Combine Unit 1-2; Com12 ซึ่งมีค่าเท่ากับ 6.92 ng/m^3 ทั้งนี้ สาเหตุที่ปล่องของหน่วยผลิต The 2 และปล่องของหน่วยผลิต Com 31 มีค่าความเข้มข้นรวมของสารประกอบพีเอเอชสูงกว่าปล่องอื่นๆนั้น ความสอดคล้องกับเชื้อเพลิงที่ใช้ในการผลิตกระแสไฟฟ้า โดยในระหว่างที่ทำการเก็บตัวอย่างจากปล่องของหน่วยผลิต The 2 นั้น ได้มีการใช้น้ำมันเตาและแก๊สธรรมชาติเป็นเชื้อเพลิงในการผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยสัดส่วนของน้ำมันเตาและแก๊สธรรมชาติมีค่าเท่ากับร้อยละ 4.00 และ 96.00 ตามลำดับ ซึ่งอาจชี้ให้เห็นว่าการเผาไหม้เชื้อเพลิงที่มีส่วนผสมของน้ำมันเตาทำให้ค่าความเข้มข้นรวมของสารประกอบพีเอเอชสูงขึ้น และค่าความเข้มข้นรวมของสารประกอบพีเอเอชจากปล่องของหน่วยผลิต Com 31 นั้น มีค่าแตกต่างจากปล่องอื่นๆ เนื่องมาจากหน่วยผลิตนี้มีการใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิงในการผลิตกระแสไฟฟ้าร่วมกับการใช้แก๊สธรรมชาติในช่วงวันที่ 21-22 เมษายน 2549 ซึ่งเป็นช่วงเวลาก่อนการเก็บตัวอย่างอากาศจากปล่องดังกล่าว จึงอาจมีส่วนของน้ำมันดีเซลบางส่วนคงค้างอยู่ในระบบทำให้ค่าความเข้มข้นรวมของสารประกอบพีเอเอชจากปล่องของหน่วยผลิตนี้มีค่าสูงกว่าปล่องอื่นๆที่ใช้แก๊สธรรมชาติเป็นเชื้อเพลิงเช่นกัน ซึ่งรูปแบบการกระจายตัวของสารประกอบพีเอเอชจากปล่องทั้ง 8 ของโรงไฟฟ้า พบว่า ชนิดของสารประกอบพีเอเอชที่พบมากที่สุด คือ DBahA (5 ring) รองลงมา คือ BghiP (6 ring) และ Ind (6 ring) ตามลำดับ ซึ่งคิดเป็นค่าเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 35.25, 15.09 และ 12.88 ตามลำดับ

5.1.4 ความเข้มข้นและรูปแบบการกระจายตัวของสารประกอบพีเอเอชจากจุดเก็บตัวอย่างอากาศโดยรอบโรงไฟฟ้า ทั้ง 5 จุด

ค่าความเข้มข้นรวมของสารประกอบพีเอเอชทั้งหมดจากตัวอย่างอนุภาคในอากาศบริเวณจุดเก็บตัวอย่างอากาศโดยรอบโรงไฟฟ้าทั้ง 8 ครั้ง ในช่วงเดือนมกราคม ถึงเดือนกรกฎาคม 2549 มีค่าความเข้มข้นรวม 24 ชั่วโมงของสารประกอบพีเอเอช จากทุกจุดเก็บตัวอย่างระหว่าง 2.5-127.9 ng/m^3 ซึ่งแสดงให้เห็นว่า ค่าความเข้มข้นรวมของสารประกอบพีเอเอชมีค่าสูงสุดที่ช่วงเดือนมกราคม รองลงมาเป็นเดือนมิถุนายน ทั้งนี้มีข้อสังเกตว่าค่าความเข้มข้นรวมของสารประกอบพีเอเอชที่สูงสุดในช่วงเดือนมกราคมนั้นสอดคล้องกับค่าความเข้มข้นของฝุ่น PM10 ซึ่งมักมีค่าสูงในช่วงเดือนมกราคมเช่นกัน เมื่อนำค่าความเข้มข้นรวมของสารประกอบพีเอเอชจากจุดเก็บตัวอย่างอากาศโดยรอบโรงไฟฟ้ามาศึกษารูปแบบการกระจายตัวของสารประกอบพีเอเอช พบว่า ทุกจุดเก็บตัวอย่างมีลักษณะการกระจายตัวของสารประกอบพีเอเอชคล้ายคลึงกัน โดยสารประกอบพีเอเอชที่พบมากที่สุดจากจุดเก็บตัวอย่างอากาศโดยรอบโรงไฟฟ้า คือ DBahA คิดเป็นร้อยละ 20.7 รองลงมา คือ BaP, BbF และ BghiP คิดเป็นร้อยละ15.8, 15.0 และ 14.5 ตามลำดับ

5.1.5 ความเข้มข้นและรูปแบบการกระจายตัวของสารประกอบพีเอเอชจากสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศแบบต่อเนื่องของโรงไฟฟ้า ทั้ง 4 จุด

ผลการวิเคราะห์สารประกอบพีเอเอชจากสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศแบบต่อเนื่องของโรงไฟฟ้า ทั้ง 4 จุด ซึ่งทำการรวบรวมข้อมูลตัวอย่างฝุ่น PM10 ในช่วงเดือนมีนาคม และเดือนพฤษภาคม 2549 ซึ่งจัดอยู่ในช่วงฤดูแล้ง มีค่าความเข้มข้นรวม 24 ชั่วโมง ของสารประกอบพีเอเอชอยู่ระหว่าง 34.0-124.7 ng/m^3 โดยมีข้อมูลแสดงในภาคผนวก ข ซึ่งพบว่าค่าความเข้มข้นรวมของสารประกอบพีเอเอชในอนุภาคในอากาศจากสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศแบบต่อเนื่องของโรงไฟฟ้ามีค่าสูงกว่าค่าความเข้มข้นรวมของสารประกอบพีเอเอชจากบริเวณจุดเก็บตัวอย่างอากาศโดยรอบโรงไฟฟ้า ทั้งนี้ เนื่องมาจากสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศแบบต่อเนื่องของโรงไฟฟ้า ทั้ง 4 จุดนั้น ตั้งอยู่ในรัศมีใกล้กับโรงไฟฟ้ามากกว่าจุดเก็บตัวอย่างอากาศโดยรอบโรงไฟฟ้ามาก จึงทำให้มีความเป็นไปได้ที่จะพบสารประกอบพีเอเอชในปริมาณที่มากกว่า โดยชนิดของสารประกอบพีเอเอชในบริเวณพื้นที่ศึกษา มีชนิดหลักที่คล้ายคลึงกัน นอกจากนี้ยังมีชนิดหลักของสารประกอบพีเอเอชแตกต่างจากบริเวณจุดเก็บตัวอย่างโดยรอบโรงไฟฟ้า แต่ยังเป็นสารประกอบพีเอเอชที่มีมวลโมเลกุลสูงเช่นเดียวกัน โดยสารประกอบพีเอเอชที่พบมากที่สุดจากจุด

เก็บตัวอย่างอากาศโดยรอบโรงไฟฟ้า คือ BghiP คิดเป็นร้อยละ 26.9 รองลงมา คือ Ind, DBahA และ BaP คิดเป็นร้อยละ18.0, 17.9 และ 16.0 ตามลำดับ

5.1.6 การศึกษาความสัมพันธ์ลายนิ้วมือ (Fingerprint) **ของสารประกอบพีเอเอชที่ได้จากแหล่งกำเนิดต่าง ๆ และแหล่งรับมลพิษในการศึกษาครั้งนี้**

ลายนิ้วมือของสารประกอบพีเอเอชในอนุภาคในอากาศบริเวณโดยรอบโรงไฟฟ้าทั้ง 5 จุด (โรงเรียนบ้านหนองสองห้อง องค์การบริหารส่วนตำบลดอนทราย โรงเรียนบ้านไร่ชาวเหนือ องค์การบริหารส่วนตำบลคูบัว และโรงเรียนวัดอมรญาติสมาคม) มีความใกล้เคียงมากที่สุดกับลายนิ้วมือของสารประกอบพีเอเอชจากการเผาไหม้แก๊สธรรมชาติ, การเผาไหม้แก๊สธรรมชาติและน้ำมันเตา และรถจักรยานยนต์ 4 จังหวะ ส่วนลายนิ้วมือของสารประกอบพีเอเอชในอนุภาคในอากาศบริเวณสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศแบบต่อเนื่องของโรงไฟฟ้า ได้แก่ บริเวณวัดนักบุญอันตนนีโอ มีค่าลายนิ้วมือของสารประกอบพีเอเอชใกล้เคียงกับรถจักรยานยนต์ 4 จังหวะ ส่วนบริเวณวัดบางกระโด และวัดโพธิ์ราษฎร์บูรณะ มีค่าลายนิ้วมือของสารประกอบพีเอเอชใกล้เคียงกับการเผาไหม้แก๊สธรรมชาติ, การเผาไหม้แก๊สธรรมชาติและน้ำมันเตา และรถจักรยานยนต์ 4 จังหวะ และบริเวณวัดชาวเหนือ (Site I) มีค่าลายนิ้วมือของสารประกอบพีเอเอชใกล้เคียงกับรถยนต์เบนซีน

5.1.7 การวิเคราะห์สัดส่วนแหล่งกำเนิดของสารประกอบพีเอเอชด้วยแบบจำลองดุลยภาพมวลเคมี

สัดสัดส่วนแหล่งกำเนิดของสารประกอบพีเอเอชจากจุดเก็บตัวอย่างโดยรอบโรงไฟฟ้าทั้ง 5 จุดในช่วงฤดูแล้งและฤดูฝน และสัดสัดส่วนแหล่งกำเนิดของสารประกอบพีเอเอชจากสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศแบบต่อเนื่องของโรงไฟฟ้าทั้ง 4 จุดนั้น พบว่า ทุกจุดเก็บตัวอย่างส่วนใหญ่มีแหล่งกำเนิดมาจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงชนิดต่างๆ ของโรงไฟฟ้าในพื้นที่ศึกษา และบางจุดเก็บตัวอย่างมีแหล่งกำเนิดอื่นๆมีส่วนร่วมด้วย คือ การเผาไหม้ชีวมวล รถยนต์ดีเซล รถจักยานยนต์และรถยนต์เบนซิน เป็นต้น ซึ่งมีรายระเอียด คือ สัดส่วนแหล่งกำเนิดของสารประกอบพีเอเอชในฤดูแล้งจากจุดเก็บตัวอย่างโดยรอบโรงไฟฟ้าทั้ง 5 จุด พบว่า ทุกจุดส่วนใหญ่มีแหล่งกำเนิดมาจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงของโรงไฟฟ้า โดยมาจากการเผาไหม้การเผาไหม้ก๊าซธรรมชาติและน้ำมันเตาคิดเป็นร้อยละ 57.2 รองลงมา คือ การเผาไหม้ก๊าซธรรมชาติ (ร้อยละ 30.2) และการเผาไหม้ชีวมวล (ร้อยละ 12.5) ตามลำดับ ส่วนในฤดูฝน พบว่า ทุกจุดส่วนใหญ่มาจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงของโรงไฟฟ้า โดยมาจากการเผาไหม้ก๊าซธรรมชาติและน้ำมันเตา คิดเป็นร้อยละ 45.6 รองลงมา คือ การเผาไหม้ก๊าซธรรมชาติ (ร้อยละ 26.2) รถยนต์เบนซิน (ร้อยละ 19.1) รถจักยานยนต์ 2 จังหวะ

(ร้อยละ 4.8) รถยนต์ดีเซลขนาดใหญ่ (ร้อยละ 1.7) และการเผาไหม้ชีวมวล (ร้อยละ 0.4) ตามลำดับ และจากสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศแบบต่อเนื่องของโรงไฟฟ้าทั้ง 4 จุด พบว่า ทุกจุดส่วนใหญ่มาจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงของโรงไฟฟ้า โดยมาจากการเผาไหม้ก๊าซธรรมชาติและน้ำมันเตา คิดเป็นร้อยละ 45.4 รองลงมา คือ การเผาไหม้ก๊าซธรรมชาติ (ร้อยละ 43.4) การเผาไหม้ชีวมวล (ร้อยละ 6.7) รถจักยานยนต์ 4 จังหวะ (ร้อยละ 3.3) และรถยนต์ดีเซลขนาดใหญ่ (ร้อยละ 1.1) ตามลำดับ ซึ่งจากผลการวิเคราะห์สัดส่วนแหล่งกำเนิดของสารประกอบพีเอเอชจากการใช้แบบจำลองดุลยภาพมวลเคมีนั้น พบว่า การประมวนผลของแบบจำลองสามารถบอกได้ว่าแหล่งกำเนิดหลักของสารประกอบพีเอเอชในพื้นที่ศึกษาน่าจะมาจากที่ใดได้บ้าง พร้อมกันนั้นยังสามารถบอกถึงสัดส่วนของแหล่งกำเนิดต่างๆที่อาจมีอิทธิพลต่อจุดเก็บตัวอย่างนั้นๆ ได้อีกด้วย โดยผลจากการศึกษาแบบจำลองดุลภาพมวลเคมีนั้น พบว่า แหล่งกำเนิดหลักของสารประกอบพีเอเอชมาจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงของโรงไฟฟ้า โดยมีสัดส่วนแตกต่างกันออกไปในแต่ละจุดเก็บตัวอย่าง ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาความสัมพันธ์ลายนิ้วมือของสารประกอบพีเอเอชที่พบว่าแหล่งกำเนิดหลักของสารประกอบพีเอเอชมาจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงของโรงไฟฟ้าเช่นเดียวกัน

5.1.8 การเปรียบเทียบค่าความเข้มข้นของสารประกอบพีเอเอชกับค่ามาตรฐานขององค์การอนามัยโลก

องค์การอนามัยโลก (World Health Organization; WHO) ได้กำหนดให้ใช้สารประกอบพีเอเอชชนิด BaP เป็นตัวบ่งชี้ถึงการปนเปื้อนของสารประกอบพีเอเอชในบรรยากาศ เนื่องจากสารประกอบพีเอเอชชนิดนี้จัดเป็นสารก่อมะเร็งชนิด 2A คือ เป็นสารที่น่าจะก่อมะเร็งในคน และสารชนิดนี้ยังสามารถพบได้ทั่วไปจากการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ จึงนำมาใช้เป็นตัวบ่งชี้การปนเปื้อนของสารปะกอบพีเอเอชได้ ซึ่งองค์การอนามัยโลกได้กำหนดให้ในบรรยากาศทั่วไปนั้นมีสารประกอบพีเอเอชชนิด BaP ไม่ควรเกิน 1.0 ng/m^3 แต่จากการศึกษาครั้งนี้ พบว่าทุกจุดเก็บตัวอย่างในพื้นที่ศึกษามีค่าความเข้มข้นของ BaP ในฝุ่นละอองในช่วงฤดูแล้งระหว่าง 8.722-19.950 ng/m^3 และ 0.149-1.046 ng/m^3 ในช่วงฤดูฝน ตามลำดับ ซึ่งพบว่ามีความความเข้มข้นของ BaP สูงกว่าค่ามาตรฐานที่กำหนดโดยองค์การอนามัยโลกในช่วงฤดูแล้งแต่มีค่าไม่เกินค่ามาตรฐานในช่วงฤดูฝน ยกเว้นจากจุดเก็บตัวอย่างบริเวณโรงเรียนบ้านหนองสองห้องเท่านั้นที่มีค่า BaP เกินมาตรฐานในฤดูฝน ในขณะที่ค่าความเข้มข้นเฉลี่ย 24 ชั่วโมงของ BaP จากตัวอย่างจากสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศแบบต่อเนื่องของโรงไฟฟ้าจากทุกจุดเก็บตัวอย่างในช่วงฤดูแล้งนั้นมีค่าระหว่าง ND (0.246 ng/m^3)-54.887 ng/m^3 โดยตัวอย่างอากาศส่วนใหญ่ของสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศของโรงไฟฟ้านั้นมีค่าความเข้มข้น 24 ชั่วโมงของ BaP สูงกว่าค่ามาตรฐานขององค์การอนามัยโลกมาก ซึ่งแสดงให้เห็นว่าประชาชนที่พักอาศัยอยู่ในพื้นที่ดังกล่าวมีความเสี่ยงสูง

ที่ทำให้เกิดมะเร็งได้ จึงควรมีมาตรการในการลดผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยของประชาชนที่เกิดขึ้นต่อไป

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 ควรมีการศึกษาสารประกอบพีเอเอชเพิ่มเติมในรูปแก๊ส ฝุ่นละอองขนาดต่างๆ ด้วย เช่น ฝุ่นละอองรวมหรือฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน (PM2.5) และแหล่งกำเนิดที่คาดว่าส่งผลกระทบต่อพื้นที่ศึกษานั้นๆ จริง ทั้งนี้เพื่อให้ทราบถึงแนวโน้มของแหล่งกำเนิดที่ชัดเจนขึ้น

5.2.2 ควรมีการนำแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ชนิดอื่นมาใช้ในการศึกษาเพื่อหาแนวโน้มของแหล่งกำเนิดด้วยซึ่งได้แก่ แบบจำลองแหล่งรับ (Receptor model) โดยมีอยู่ด้วยกันหลายประเภท อาทิเช่น แบบจำลอง FA-MR ทั้งนี้เนื่องมาจากการศึกษาสารประกอบพีเอเอชเพื่อใช้เป็นตัวบ่งชี้จะสามารถบอกได้เพียงแนวโน้มของแหล่งกำเนิดในเบื้องต้นเท่านั้น ซึ่งอาจเหมาะสมกับพื้นที่ศึกษาที่มีประเภทของแหล่งกำเนิดน้อย ซึ่งผลจากการใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์จะช่วยให้ทราบทั้งประเภทและปริมาณแนวโน้มของแหล่งกำเนิดในบริเวณพื้นที่ศึกษานั้นๆ

5.2.3 ควรมีข้อมูลของแหล่งกำเนิดให้ครอบคลุมทั้งพื้นที่ศึกษา โดยในการศึกษาครั้งนี้ยังขาดข้อมูลของแหล่งกำเนิดสารประกอบพีเอเอชหลายประเภทในประเทศไทย จึงต้องใช้ข้อมูลอ้างอิงจากการศึกษาที่ผ่านมา ซึ่งอาจส่งผลให้การจำแนกแหล่งกำเนิดของสารประกอบพีเอเอชเกิดความคลาดเคลื่อน เนื่องจากการอ้างอิงแหล่งกำเนิดจากต่างประเทศได้

5.2.4 ควรมีการนำข้อมูลความเข้มข้นของสารประกอบพีเอเอชดังกล่าวมาใช้ประกอบการกำหนดค่ามาตรฐานของสารประกอบพีเอเอชในประเทศไทยต่อไป เพื่อลดผลกระทบที่เกิดขึ้นต่อสุขภาพอนมัยของประชาชนทั้งในพื้นที่ศึกษาและประชาชนทั่วไป

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย. 2547. เอกสารรายงานการติดตามตรวจสอบคุณภาพสิ่งแวดล้อมโรงไฟฟ้าราชบุรี. มกราคม–มิถุนายน: มีนาคม 2547ก.

ควบคุมมลพิษ, กรม. 2543. พีเอเอช (โพลีไซคลิก อะโรมาติก ไฮโดรคาร์บอน). กรุงเทพมหานคร: กองจัดการสารอันตรายและกากของเสีย กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม.

ควบคุมมลพิษ, กรม. 2549. ข้อมูลคุณภาพอากาศรายวันในภาคต่างๆ ของประเทศไทย (ออนไลน์). อ้างถึงใน www.pcd.go.th/AirQuality/Regional/QueryAirThai.php?task=findsite. (15 สิงหาคม 2549).

จินตนา สายวรรณ์. 2541. การศึกษาสารโพลิไซคลิกอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอนจากอนุภาคไอเสียรถยนต์ที่อยู่ในอากาศในกทม. รายงานฉบับสมบูรณ์ วิทยาลัยปิโตรเลียมและปิโตรเคมี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ชูชัย หล่อนิมิตดี และปาจรีย์ ทองสนิท. 2548. ปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็ก (PM_{10}) กับสารโพลีไซคลิกอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอนในเมืองพิษณุโลก. การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 10. ชลบุรี: 2-4 พฤษภาคม 2548.

เซ้าท์อี๊สท์เอเชียเทคโนโลยี่ จำกัด, บริษัท., มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, และ มหาวิทยาลัยมหิดล. 2547. เอกสารการศึกษาและจัดทำรายงานการวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อม โครงการขยายโรงไฟฟ้าราชบุรี 725 เมกะวัตต์. ร่างรายงานฉบับสมบูรณ์ (ฉบับหลัก): สิงหาคม 2547ก.

นพภาพร พานิช และแสงสันติ์ พานิช. 2544. แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ด้านคุณภาพอากาศ. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ปาจรีย์ ทองสนิท. 2545. สารโพลีไซคลิกอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอนในฝุ่นละอองแต่ละขนาดในอากาศกรุงเทพมหานคร. วิทยานิพนธ์ปริญญาดุษฎีบัณฑิต. สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

พงษ์เศวต สุวรรณธานี. 2545. การจำแนกสัดส่วนแหล่งกำเนิดของอนุภาคมลสารทั้งหมดในพื้นที่กรุงเทพมหานคร. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต. สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ไพลิน ใบผกา. 2546. การเคลื่อนที่และการกระจายตัวของสารประกอบพอลิไซคลิกอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอนที่ดูดซับบนอนุภาคแขวนลอยภายในอาคารพาณิชย์บริเวณสถานีรถไฟฟ้าพระโขนง. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

เมธินี วรรณวิจิตร. 2548. การกระจายตัวตามแนวนอนของสารประกอบพอลิไซคลิกแอโรแมติกไฮโดรคาร์บอนที่ดูดซับบนอนุภาคแขวนลอย (pPAHs) บริเวณพื้นที่ริมถนน ในเขตกรุงเทพมหานคร. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต. สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม (สหสาขาวิชา) บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ราชภัฏหมู่บ้านจอมบึง, มหาวิทยาลัย. 2549. รายงานฉบับที่ 1 โครงการดำเนินงานเพื่อหาข้อเท็จจริงและมาตรการแก้ไขปัญหามลพิษและสิ่งแวดล้อมของโรงไฟฟ้าราชบุรี. ราชบุรี: 9 มกราคม 2549.

โรงงานอุตสาหกรรม, กรม. 2547. ตำราระบบบำบัดมลพิษมลพิษทางอากาศ. กรุงเทพมหานคร: ศูนย์บริการวิชาการแห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สุทธิชาน์ นิลฤทธิ์. 2548. ตัวคูณการปลดปล่อยของสารพอลิไซคลิกอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอนจากรถยนต์ดีเซลขนาดเล็กและขนาดใหญ่. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต. สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม (สหสาขาวิชา) บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

อนามัย, กรม. 2540. ปัญหามลพิษทางอากาศผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยและแนวทางการแก้ไข. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพมหานคร: กองอนามัยสิ่งแวดล้อม กระทรวงสาธารณสุข.

อุตสาหกรรม, กระทรวง. 2547. ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม เรื่อง กำหนดค่าปริมาณของสารเจือปนในอากาศที่ระบายออกจากโรงงานผลิต ส่ง หรือจำหน่ายพลังงานไฟฟ้า พ.ศ. 2547. ราชกิจจานุเบกษา. 121: 113ง (7 ตุลาคม 2547).

อุตุนิยมวิทยา, กรม. 2549. ข้อมูลการตรวจวัดสภาพอุตุนิยมวิทยาจังหวัดราชบุรี [ซีดีรอม]. กรุงเทพมหานคร: กรมอุตุนิยมวิทยา กระทรวงเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาษาอังกฤษ

Arditsoglou, A., Petaloti, Ch., Terzi, E., Sofoniou, M. and Samara, C. 2004. Size distribution of trace elements and polycyclic aromatic hydrocarbons in fly ashes generated in Greek lignite-fired power plants. The Science of the Total Environment. 323: 153-167.

Bi, X., Sheng, G., Peng, P., Chen, Y., Zhang, Z., and Fu, J. 2003. Distribution of particle- and vapor-phase n-alkanes and polycyclic aromatic hydrocarbons in urban atmospheres of Guangzhou, China. Atmospheric Environment. 37: 289-298.

Caricchia, M. A., Chiavarini, S., and Pezza, M. 1999. Polycyclic aromatic hydrocarbons in the urban atmospheric matter in the city of Naples (Italy). Atmospheric Environment. 33: 3731-3738.

Chakraborti, D., Van, V.L., and Van, E.P. 1988. Calcutta pollutants: Past II Polynuclear aromatic hydrocarbon and some metal concentration on air particulates during winter 1984. Int Environment Anal Chem. 32: 109-120.

Chaloulakou, A., Kassomenos, P., Spyrellis, N., Demokritou, P., and Koutrakis, P. 2003. Measurement of PM_{10} and $PM_{2.5}$ particle concentrations in Athens, Greece. Atmospheric Environment. 37: 649-660.

Chen, K. S., Wang, H. K., Peng, W. P., Wang, W. C., Chen, C. H., and Lai, C. H. 2008. Effects of open burning of rice straw on concentrations of atmospheric polycyclic aromatic hydrocarbons in central Taiwan. Journal of the Air & Waste Management Association. 58: 1318-1327.

Chetwittayachan, T., Shimazaki, D., and Yamamoto, K. 2002. A comparison of temporal variation of particle-bound polycyclic aromatic hydrocarbons (pPAHs) concentration in different urban environment: Tokyo, Japan, and Bangkok, Thailand. Atmospheric Environment. 36: 2027-2037.

Cretney, J. R., Lee, H.L., Behymer, T.D., Hites, R.a., and Thilly, W.G. 1985. Analysis of polycyclic aromatic hydrocarbons in air particulate matter from a lightly industrialized urban area. Environment Science & Technology. 19: 397-404.

Davies, I. W., Harrison, R.M., Perry R., Ratnayaka, and Wellings, R.A. 1976. Municipal incinerator as source of polycyclic aromatic hydrocarbons in environment. Environment Science & Technology 10: 451-453.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Fang, G. C., Yuh-Shen, W., Fu, P., Yang, I. L., and Chen, M. H. 2003. Polycyclic aromatic hydrocarbons in the ambient air of suburban and industrial regions of central Taiwan. Atmospheric Environment. 54: 443-452.

Garivait, H. 1999. A study on Air Pollution By Airbone Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs) in Bangkok Urban Atmosphere. Doctor's Thesis. Department of Technical Science, School of Environment, Resources and Development, Asian Institute of Technology.

Guo, H., Lee, S.C., Ho, K.F., Wang, X.M., and Zou, S.C. 2003. Particle-associated polycyclic aromatic hydrocarbons in urban air of Hong Kong. Atmospheric Environment. 37: 5307-5317.

Ho, K. F., Lee, S. C., and Chin, G. M. Y. 2002. Characterization of selected volatile organic compounds polycyclic aromatic hydrocarbons and carbonyl compounds at a roadside monitoring station. Atmospheric Environment. 36: 57-65.

International Agency for Research on Cancer (IARC). 1983. Polynuclear aromatic compounds, Part 1. Chemical Environment and Experimental Data. 32.

Jenkins, B. M., Turn, S. Q., and Williams, R. B. 1992. Atmospheric emissions from agricultural burning in California: determination of burn fractions, distribution factors, and crop-specific contributions. Ag. Ecosyst. Environ. 38: 313-330.

Karnchanasest B. (2005). Evaluation of Cancer Risk Caused by Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Bangkok Air. Journal of Environmental Research, 27(1), 13-30.

Khalili, N. R., Scheff, P. A., and Holsen, T. M. 1995. PAH source fingerprints for coke ovens, diesel and gasoline engines, highway tunnels, and wood combustion emissions. Atmospheric Environment. 29: 533-542.

Khesina, A. Y. 1994. Urban air pollution by carcinogenic and genotoxic polyaromatic hydrocarbons in the former USSR. Environ Health Perspect. 102 (suppl 4): 49-53.

Kulkarni, P., and Venkataraman, C. 2000. Atmospheric polycyclic aromatic hydrocarbons in Mumbia, India. Atmospheric Environment. 34: 759-770.

Lee, W. J., Wang, Y. F., Lin, T. C., and Chen, Y. Y. 1995. PAH characteristics in the ambient air of traffic-source. The Science of the Total Environment. 159: 185-200.

Li, C.T., Mi, H. H., Lee, W. J., You, W. C., and Wang, Y. F. 1999. PAH emission from the industrial boilers. Journal of Hazardous Materials. 69: 1-11.

Norramit, P., Cheevaporn, V., Itoh, N., and Tanaka, K. 2005. Characterization and carcinogenic risk assessment of polycyclic aromatic hydrocarbons in the respirable fraction of airborne particles in the Bangkok metropolitan area. Journal of Health Science. 54: 437-446.

Oanh, N. T. K., Bætz Reutergårdh, L., Dung, N. Tr., Yu, M.-H., Yao, W.-X., and Co, H. X. 2000. Polycyclic aromatic hydrocarbons in the airborne particulate matter at a location 40 km north of Bangkok, Thailand. Atmospheric Environment. 34: 4557-4563.

Omar, N. Y. M. J., Abas, M. R. B., Ketuly, K. A., and Tahir, N. M. 2002. Concentration of PAHs in atmospheric particles (PM-10) and roadside soil particles colleted in Kuala Lumpur, Malaysia. Atmospheric Environment. 36: 247-254.

Panther, B. C., Hooper, M. A., and Tapper, N. J., 1999. A comparison of air particulate matter and associated polycyclic aromatic hydrocarbons in some tropical and temperate urban environments. Atmospheric Environment. 33: 4087-4099.

Park, S. S., Kim, Y. J., and Kang, C. H. 2002. Atmospheric polycyclic aromatic hydrocarbons in Seoul, Korea. Atmospheric Environment. 36: 2917-2924.

Possanzini, M., Palo, V.D., Gigliucci, P., Sciano, M.C.T., and Cecinato, A. 2004. Determination of phase-distributed PAH in Rome ambient air by denuder/GC-MS method. Atmospheric Environment. 38: 1727-1734.

Rogge, W. F., Hildemann, L. M., Mazurek, M. A., and Cass, G. R. 1993. Sources of fine organic aerosol. 5. natural gas home appliances. Environment Science & Technology. 27: 2736-2744.

Schnelle, D. J. T., Jansch, T., Wolf, K., Gebefugi, I., and Kettrup, A. 1995. Particle size dependent concentrations polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH) in the outdoor air. Atmospheric Environment. 95: 3119-3127.

Simcik, M. F., Eisenreich, S. J., and Lioy, P. J. 1999. Source apportionment and source/ sink relationship of PAHs in the coastal atmosphere of Chicago and Lake Michigan. Atmospheric Environment. 33: 5071-5079.

Smith, D.J.T., and Harrison, R.M. 1996. Concentration, trends and vehicle source profile of polycyclic aromatic hydrocarbons in the U.K. atmosphere. Atmospheric Environment. 30: 2513-2525.

The International Programe on Chemical Safety (IPCS). 1998. Environmental Health Criteria 202 : selected non-heterocyclic polycyclic aromatic hydrocarbons. Wissenschaftliche Verlagsgesellshaft World Health Organization.

US EPA. 1999. Compendium of Methods for the Determination of Toxic Organic Compounds in Ambient Air. Environmental Protection Agency, US Federal Register. Compendium Method TO-13A: 1-42.

US EPA. 2004. EPA-CMB8.2 Users Manual [Online]. Available from: www.epa.gov/scram001/models/receptor/EPA-CMB82Manual.pdf [2006, November 29].

Ventakaraman, c., Thomas, S., and Kulkarni, P. 1999. Size dirtributions of polycyclic aromatic hydrocarbons gas-particle partitioning to urban aerosols. Journal of Aerosal Science. 30: 759-770.

Yang, H. H., Lee, W. J., Chen, S. J., and Lia, S. O. 1998. PAH emission from various industrial stack. Journal of Hazardous Materials. 60: 159-174.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก

ความเข้มข้นของฝุ่นละอองรวม (TSP) จากปล่องของโรงไฟฟ้า และฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน (PM_{10}) ในบรรยากาศโดยรอบ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ก-1 ความเข้มข้นของฝุ่นละอองรวม (TSP) จากปล่องทั้ง 8 ของโรงไฟฟ้าในพื้นที่ศึกษา

วัน/เดือน/ปี	ปล่องของโรงไฟฟ้า	ความเข้มข้น (mg/m^3)
8 พ.ค. 2549	Thermal Unit 1	1.590
8 พ.ค. 2549	Thermal Unit 2	49.210
9 พ.ค. 2549	Combine Unit 1-1	0.139
9 พ.ค. 2549	Combine Unit 1-2	1.220
15 พ.ค. 2549	Combine Unit 2-1	0.412
15 พ.ค. 2549	Combine Unit 2-2	1.100
19 พ.ค. 2549	Combine Unit 3-1	0.741
19 พ.ค. 2549	Combine Unit 3-2	0.503

ตารางที่ ก-2 ความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน (PM_{10}) จากจุดเก็บตัวอย่างโดยรอบโรงไฟฟ้าทั้ง 4 จุด (ช่วงฤดูแล้ง)

วัน/เดือน/ปี	จุดเก็บตัวอย่าง	ความเข้มข้น ($\mu g/m^3$)
26-27 ม.ค. 2549	โรงเรียนบ้านหนองสองห้อง	79.27
3-4 มี.ค. 2549	โรงเรียนบ้านหนองสองห้อง	69.28
11-12 เม.ย. 2549	โรงเรียนบ้านหนองสองห้อง	32.46
24-25 เม.ย. 2549	โรงเรียนบ้านหนองสองห้อง	35.28
22-23 พ.ค. 2549	โรงเรียนบ้านหนองสองห้อง	30.26
ค่าเฉลี่ย		49.31
26-27 ม.ค. 2549	องค์การบริหารส่วนตำบลดอนทราย	67.60
3-4 มี.ค. 2549	องค์การบริหารส่วนตำบลดอนทราย	72.63
11-12 เม.ย. 2549	องค์การบริหารส่วนตำบลดอนทราย	48.53
24-25 เม.ย. 2549	องค์การบริหารส่วนตำบลดอนทราย	39.78
22-23 พ.ค. 2549	องค์การบริหารส่วนตำบลดอนทราย	23.70
ค่าเฉลี่ย		50.45

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ก-2 ความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน (PM_{10}) จากจุดเก็บตัวอย่างโดยรอบโรงไฟฟ้าทั้ง 4 จุด (ช่วงฤดูแล้ง) (ต่อ)

วัน/เดือน/ปี	จุดเก็บตัวอย่าง	ความเข้มข้น ($\mu g/m^3$)
26-27 ม.ค. 2549	โรงเรียนบ้านไร่ชาวเหนือ	70.09
3-4 มี.ค. 2549	โรงเรียนบ้านไร่ชาวเหนือ	43.84
11-12 เม.ย. 2549	โรงเรียนบ้านไร่ชาวเหนือ	22.48
24-25 เม.ย. 2549	โรงเรียนบ้านไร่ชาวเหนือ	25.35
22-23 พ.ค. 2549	โรงเรียนบ้านไร่ชาวเหนือ	23.78
ค่าเฉลี่ย		37.11
26-27 ม.ค. 2549	องค์การบริหารส่วนตำบลคูบัว	61.42
3-4 มี.ค. 2549	องค์การบริหารส่วนตำบลคูบัว	39.36
22-23 พ.ค. 2549	องค์การบริหารส่วนตำบลคูบัว	26.21
ค่าเฉลี่ย		42.33

ตารางที่ ก-3 ความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน (PM_{10}) จากจุดเก็บตัวอย่างโดยรอบโรงไฟฟ้าทั้ง 5 จุด (ช่วงฤดูฝน)

วัน/เดือน/ปี	จุดเก็บตัวอย่าง	ความเข้มข้น ($\mu g/m^3$)
12-13 มิ.ย. 2549	โรงเรียนบ้านหนองสองห้อง	18.01
3-4 ก.ค. 2549	โรงเรียนบ้านหนองสองห้อง	18.12
20-21 ก.ค. 2549	โรงเรียนบ้านหนองสองห้อง	19.71
ค่าเฉลี่ย		18.61
12-13 มิ.ย. 2549	องค์การบริหารส่วนตำบลดอนทราย	26.36
3-4 ก.ค. 2549	องค์การบริหารส่วนตำบลดอนทราย	26.36
20-21 ก.ค. 2549	องค์การบริหารส่วนตำบลดอนทราย	24.54
ค่าเฉลี่ย		25.75

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ก-3 ความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน (PM_{10}) จากจุดเก็บตัวอย่างโดยรอบโรงไฟฟ้าทั้ง 5 จุด (ช่วงฤดูฝน) (ต่อ)

วัน/เดือน/ปี	จุดเก็บตัวอย่าง	ความเข้มข้น ($\mu g/m^3$)
12-13 มิ.ย. 2549	โรงเรียนบ้านไร่ชาวเหนือ	23.55
3-4 ก.ค. 2549	โรงเรียนบ้านไร่ชาวเหนือ	23.55
20-21 ก.ค. 2549	โรงเรียนบ้านไร่ชาวเหนือ	19.19
ค่าเฉลี่ย		22.10
12-13 มิ.ย. 2549	องค์การบริหารส่วนตำบลคูบัว	28.26
3-4 ก.ค. 2549	องค์การบริหารส่วนตำบลคูบัว	28.26
20-21 ก.ค. 2549	องค์การบริหารส่วนตำบลคูบัว	25.35
ค่าเฉลี่ย		27.29
12-13 มิ.ย. 2549	โรงเรียนวัดอมรญาติสมาคม	24.39
3-4 ก.ค. 2549	โรงเรียนวัดอมรญาติสมาคม	24.40
20-21 ก.ค. 2549	โรงเรียนวัดอมรญาติสมาคม	19.55
ค่าเฉลี่ย		22.78

ตารางที่ ก-4 ความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน (PM_{10}) จากสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศแบบต่อเนื่องของโรงไฟฟ้าทั้ง 4 จุด (ช่วงฤดูแล้ง)

วัน/เดือน/ปี	จุดเก็บตัวอย่าง	ความเข้มข้น ($\mu g/m^3$)
24 มี.ค. 2549	วัดนักบุญอันตนนีโอ	31.71
25 มี.ค. 2549	วัดนักบุญอันตนนีโอ	25.04
6 พ.ค. 2549	วัดนักบุญอันตนนีโอ	31.92
7 พ.ค. 2549	วัดนักบุญอันตนนีโอ	34.05
ค่าเฉลี่ย		30.68
24 มี.ค. 2549	วัดบางกระโด	37.50
25 มี.ค. 2549	วัดบางกระโด	32.63
6 พ.ค. 2549	วัดบางกระโด	30.79
7 พ.ค. 2549	วัดบางกระโด	36.38
ค่าเฉลี่ย		34.33

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ก-4 ความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน (PM_{10}) จากสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศแบบต่อเนื่องของโรงไฟฟ้าทั้ง 4 จุด (ช่วงฤดูแล้ง) (ต่อ)

วัน/เดือน/ปี	จุดเก็บตัวอย่าง	ความเข้มข้น ($\mu g/m^3$)
24 มี.ค. 2549	วัดโพธิ์ราษฎร์บูรณะ	42.46
25 มี.ค. 2549	วัดโพธิ์ราษฎร์บูรณะ	26.92
6 พ.ค. 2549	วัดโพธิ์ราษฎร์บูรณะ	31.79
7 พ.ค. 2549	วัดโพธิ์ราษฎร์บูรณะ	35.88
ค่าเฉลี่ย		34.26
24 มี.ค. 2549	วัดชาวเหนือ	36.21
25 มี.ค. 2549	วัดชาวเหนือ	21.17
6 พ.ค. 2549	วัดชาวเหนือ	32.96
7 พ.ค. 2549	วัดชาวเหนือ	32.71
ค่าเฉลี่ย		30.76

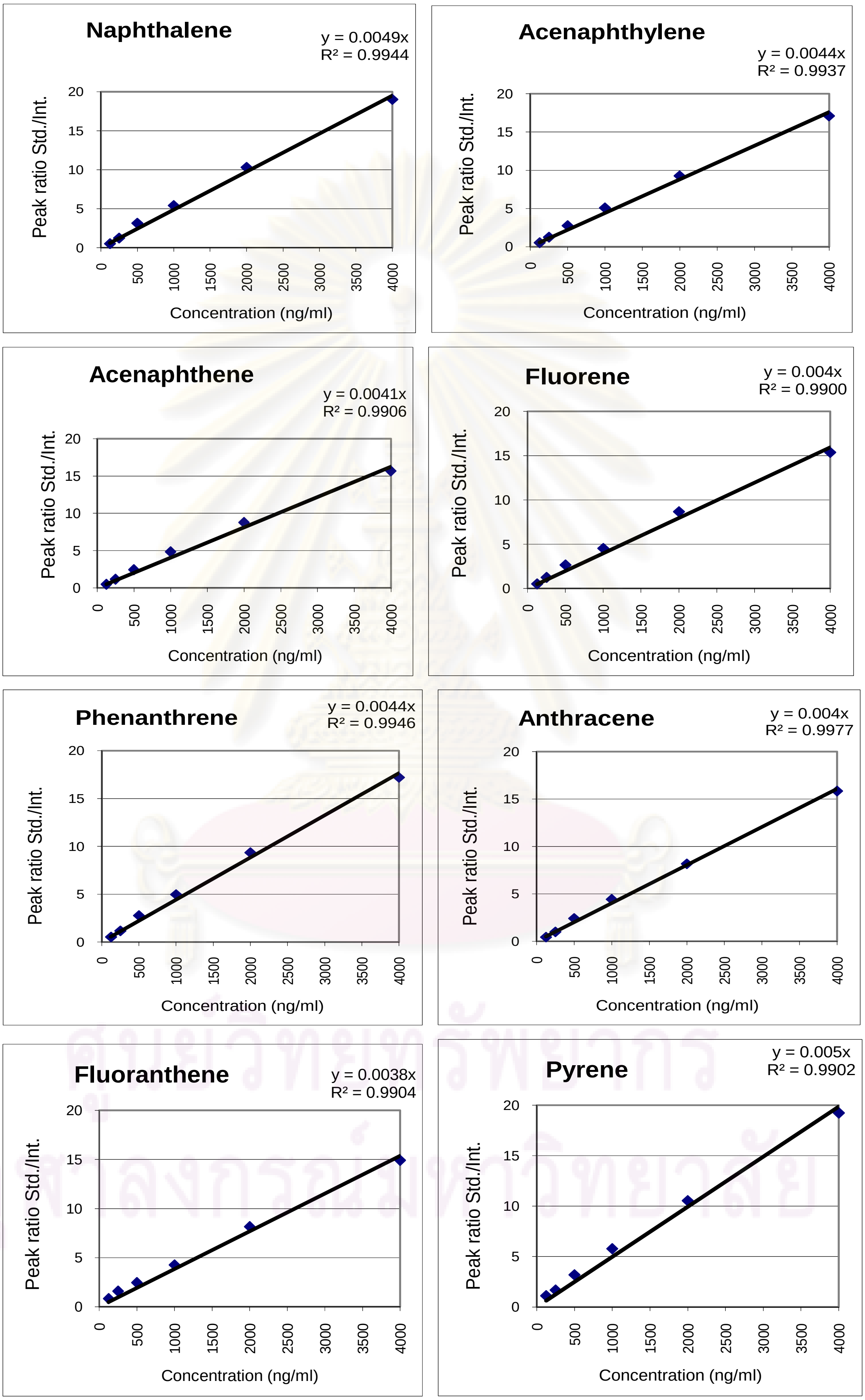
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ข

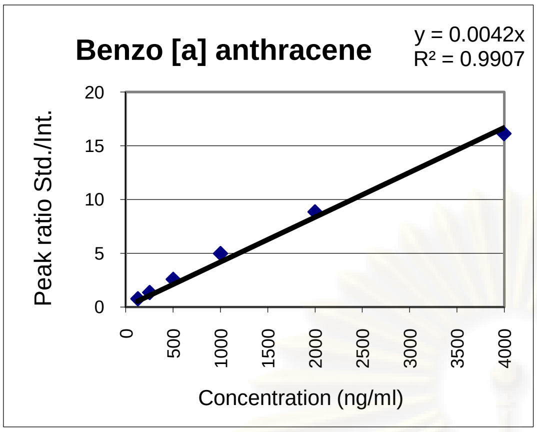
การวิเคราะห์ทางเคมีเพื่อหาชนิดและปริมาณของสารประกอบพีเอเอช

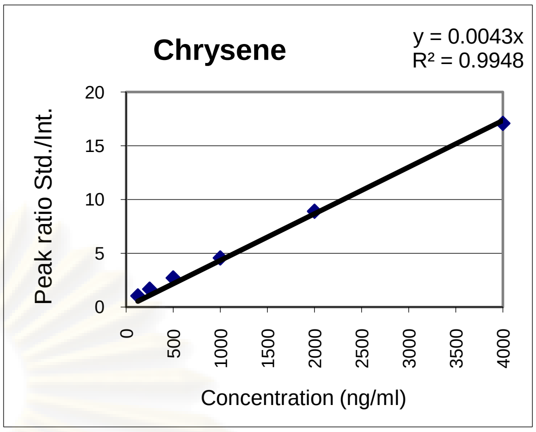
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

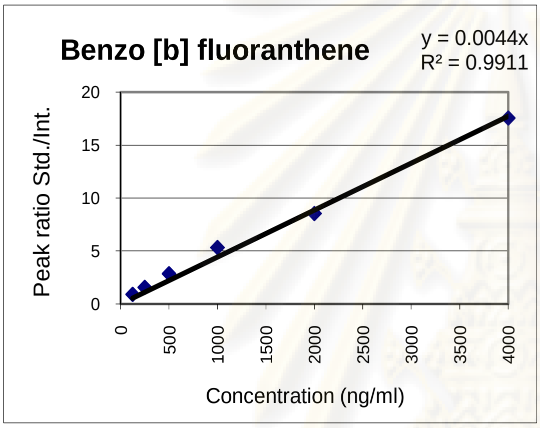
ภาพที่ ข-1 กราฟมาตรฐาน (Standard Curve) ของสารประกอบพีเอเอชทั้ง 16 ชนิด

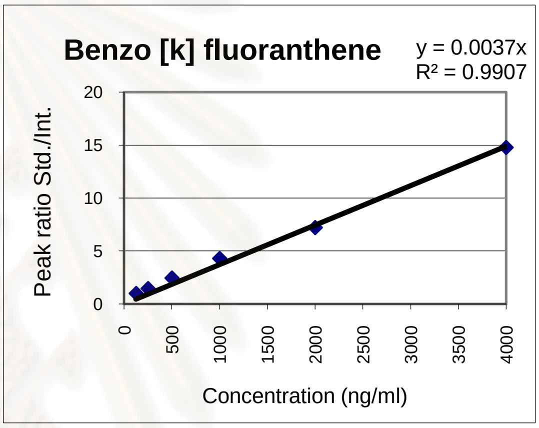


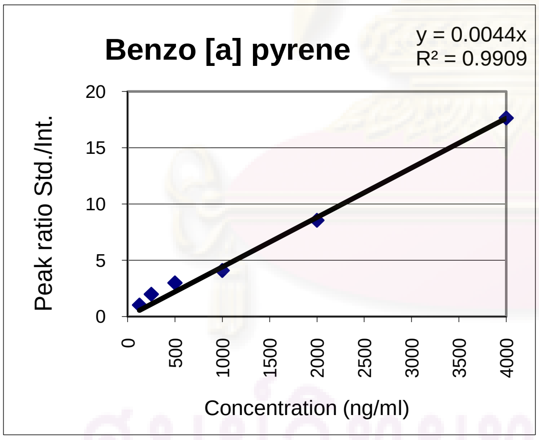
ภาพที่ ข-1 กราฟมาตรฐาน (Standard Curve) ของสารประกอบพีเอเอชทั้ง 16 ชนิด (ต่อ)

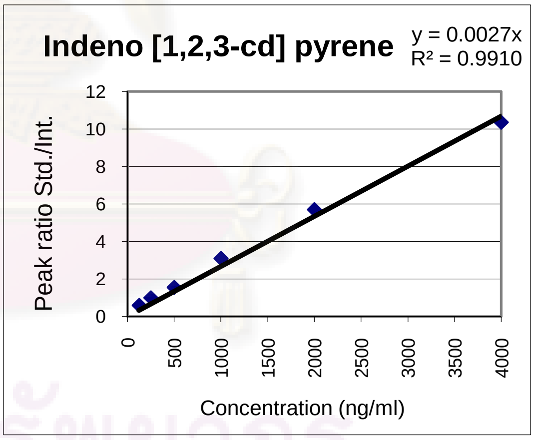


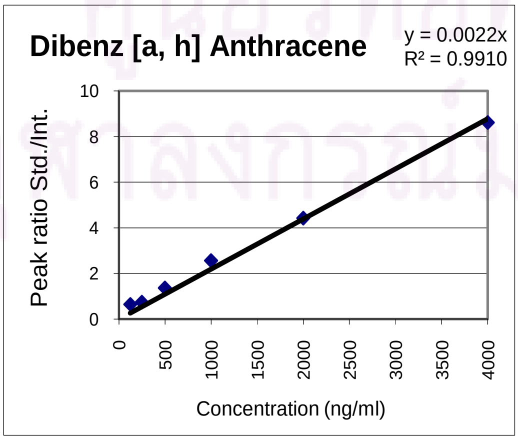


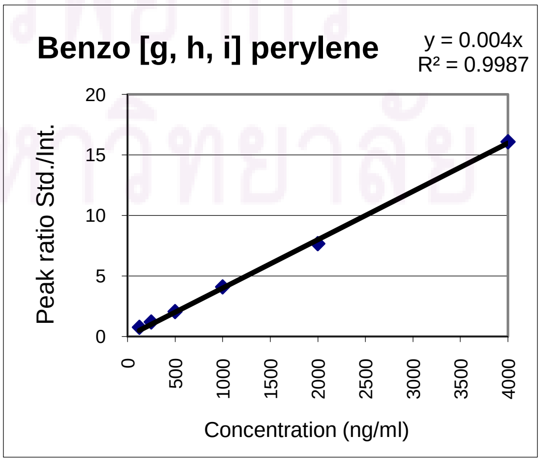












ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข-1 ชนิดและปริมาณของสารประกอบพีเอเอชแต่ละชนิดในฝุ่น TSP จากปล่องทั้ง 8 ของโรงไฟฟ้าในพื้นที่ศึกษา

ชนิดของสารประกอบพีเอเอช	**ปล่องของโรงไฟฟ้า**							
	The 1	The 2	Com11	Com12	Com21	Com22	Com31	Com32
Nap	2.85	12.95	1.21	1.02	1.49	1.29	4.26	1.83
Acy	0.23	1.05	0.12	0.04	0.03	0.50	0.02	0.02
Ace	1.13	1.02	0.11	0.21	0.32	0.25	0.03	0.33
Flu	0.41	3.48	0.12	0.22	0.14	0.12	34.39	0.22
Phe	2.36	66.43	0.64	0.61	1.78	0.74	22.29	0.91
Anth	0.67	32.54	0.13	0.04	0.15	0.12	10.70	0.08
Fluor	0.26	21.60	0.22	0.12	0.54	0.07	6.35	0.14
Pyr	0.10	27.87	0.95	0.06	0.22	0.08	0.36	0.08
BaA	0.57	3.58	0.08	0.31	3.60	0.10	2.05	1.51
Chy	0.74	5.16	0.00	0.15	4.76	0.04	1.26	1.48
BbF	ND	32.40	0.23	0.00	4.58	0.00	3.92	1.13
BkF	ND	55.57	0.41	0.00	4.89	0.00	9.49	2.00
BaP	1.26	33.56	0.56	0.33	5.02	0.24	4.84	2.53
DBahA	10.46	350.52	8.26	2.44	16.41	4.29	60.14	21.38
IND	3.33	299.44	2.15	0.57	2.41	0.50	20.23	3.49
BghiP	7.50	175.22	2.36	0.80	3.17	0.96	31.15	10.54
Total (ng/m^3)	31.87	1,122.38	17.55	6.92	49.51	9.32	211.49	47.68

หมายเหตุ: ND หมายถึง non - detected

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข-2 ชนิดและปริมาณของสารประกอบพีเอเอชแต่ละชนิดในฝุ่น TSP จากการใช้เชื้อเพลิงในการผลิตกระแสไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าในพื้นที่ศึกษา

ชนิดของสารประกอบพีเอเอช	**การใช้เชื้อเพลิงในการผลิตกระแสไฟฟ้า**	
	แก๊สธรรมชาติ	แก๊สธรรมชาติและน้ำมันเตา
Nap	1.99	12.95
Acy	0.14	1.05
Ace	0.34	1.02
Flu	5.09	3.48
Phe	4.19	66.43
Anth	1.70	32.54
Fluor	1.10	21.6
Pyr	0.26	27.87
BaA	1.17	3.58
Chy	1.20	5.16
BbF	1.41	32.4
BkF	2.40	55.57
BaP	2.11	33.56
DBahA	17.63	350.52
IND	4.67	299.44
BghiP	8.07	175.22
Total (ng/m^3)	53.48	1,122.38

หมายเหตุ: ND หมายถึง non - detected

ตารางที่ ข-3 ค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมงของสารประกอบพีเอเอชในฝุ่น PM_{10} จากจุดเก็บตัวอย่างโดยรอบโรงไฟฟ้าทั้ง 4 จุด (บริเวณโรงเรียนบ้านหนองสองห้อง)

ชนิด	ฤดูแล้ง						ฤดูฝน			
	26-27 ม.ค. 49	3-4 มี.ค. 49	11-12 เม.ย. 49	24-25 เม.ย. 49	22-23 พ.ค. 49	**ค่าเฉลี่ย**	12-13 มิ.ย. 49	3-4 ก.ค. 49	20-21 ก.ค. 49	**ค่าเฉลี่ย**
Nap	3.526	0.138	0.126	0.225	0.109	0.825	0.133	0.243	0.111	0.162
Acy	ND	0.102	0.106	0.084	0.016	0.062	0.016	0.136	0.072	0.075
Ace	0.433	0.021	0.053	0.017	0.021	0.109	0.017	0.076	0.110	0.067
Flu	0.414	0.031	0.027	0.146	0.016	0.127	0.024	0.028	0.014	0.022
Phe	2.924	0.110	0.445	0.206	0.042	0.745	0.098	0.083	0.234	0.139
Anth	0.815	0.024	0.041	0.098	0.018	0.199	0.022	0.013	0.020	0.018
Fluor	3.781	0.134	0.158	0.115	0.055	0.849	0.053	0.030	0.047	0.043
Pyr	2.767	0.141	0.071	0.064	0.021	0.613	0.042	0.005	0.054	0.034
BaA	2.915	0.329	0.163	0.065	0.065	0.707	0.156	0.050	0.040	0.082
Chy	3.458	0.148	0.205	0.026	0.064	0.780	0.080	0.045	0.053	0.059
BbF	23.588	0.874	0.560	0.121	0.016	5.032	0.171	0.214	0.098	0.161
BkF	22.598	0.290	0.287	0.145	0.033	4.671	0.822	0.195	0.129	0.382
BaP	33.005	0.509	0.233	0.207	0.015	6.794	2.813	0.270	0.056	1.046
DBahA	ND	9.440	2.826	10.331	1.047	4.729	34.420	2.480	2.356	13.085
IND	ND	0.454	0.732	2.182	0.209	0.715	10.621	1.206	0.687	4.171
BghiP	ND	6.803	2.019	7.517	0.705	3.409	20.517	1.949	1.481	7.982
Total (ng/m^3)	100.223	19.549	8.055	21.548	2.452	30.365	70.005	7.023	5.560	27.529

หมายเหตุ: ND หมายถึง non – detected

ตารางที่ ข-4 ค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมงของสารประกอบพีเอเอชในฝุ่น PM_{10} จากจุดเก็บตัวอย่างโดยรอบโรงไฟฟ้าทั้ง 4 จุด (บริเวณองค์การบริหารส่วนตำบลดอนทราย)

ชนิด	ฤดูแล้ง						ฤดูฝน			
	26-27 ม.ค. 49	3-4 มี.ค. 49	11-12 เม.ย. 49	24-25 เม.ย. 49	22-23 พ.ค. 49	**ค่าเฉลี่ย**	12-13 มิ.ย. 49	3-4 ก.ค. 49	20-21 ก.ค. 49	**ค่าเฉลี่ย**
Nap	7.108	0.260	0.110	0.194	0.109	1.556	0.093	0.199	0.118	0.136
Acy	ND	0.063	0.037	0.047	0.016	0.033	0.051	0.169	0.030	0.083
Ace	0.574	0.005	0.060	0.054	0.021	0.143	0.030	0.041	0.010	0.027
Flu	0.690	0.017	0.011	0.022	0.016	0.151	0.019	0.008	0.013	0.013
Phe	6.303	0.152	0.303	0.547	0.042	1.470	0.335	0.432	0.161	0.310
Anth	0.896	0.034	0.014	0.011	0.018	0.195	0.025	0.051	0.026	0.034
Fluor	5.751	0.127	0.075	0.110	0.055	1.224	0.040	0.227	0.133	0.133
Pyr	5.379	0.139	0.085	0.150	0.021	1.155	0.060	0.225	0.152	0.146
BaA	2.447	0.139	0.098	0.139	0.065	0.578	0.112	0.147	0.111	0.123
Chy	7.742	0.075	0.093	0.154	0.064	1.626	0.039	0.172	0.069	0.093
BbF	40.912	0.143	0.948	1.320	0.016	8.668	0.389	0.442	0.864	0.565
BkF	15.683	0.346	0.401	0.304	0.033	3.354	0.073	0.153	0.249	0.159
BaP	34.456	0.609	0.634	0.942	0.015	7.331	0.273	0.168	1.331	0.590
DBahA	ND	6.683	5.300	13.352	1.047	5.276	2.258	4.157	8.752	5.056
IND	ND	1.148	0.963	2.200	0.209	0.904	0.565	0.925	1.730	1.073
BghiP	ND	4.254	3.389	9.451	0.705	3.560	1.974	3.256	6.526	3.918
Total (ng/m^3)	127.943	14.194	12.522	28.998	2.452	37.222	6.336	10.770	20.276	12.461

หมายเหตุ: ND หมายถึง non - detected

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข-5 ค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมงของสารประกอบพีเอเอชในฝุ่น PM_{10} จากจุดเก็บตัวอย่างโดยรอบโรงไฟฟ้าทั้ง 4 จุด (บริเวณโรงเรียนบ้านไร่ชาวเหนือ)

ชนิด	ฤดูแล้ง						ฤดูฝน			
	26-27 ม.ค. 49	3-4 มี.ค. 49	11-12 เม.ย. 49	24-25 เม.ย. 49	22-23 พ.ค. 49	ค่าเฉลี่ย	12-13 มิ.ย. 49	3-4 ก.ค. 49	20-21 ก.ค. 49	ค่าเฉลี่ย
Nap	8.047	0.072	0.261	0.084	0.197	1.732	2.707	0.223	0.053	0.994
Acy	ND	0.019	0.093	0.114	0.122	0.069	0.043	0.038	0.086	0.056
Ace	1.300	0.010	0.127	0.043	0.100	0.316	0.025	0.021	0.034	0.027
Flu	1.073	0.019	0.033	0.025	0.152	0.260	0.015	0.016	0.009	0.013
Phe	4.188	0.059	0.534	0.314	0.298	1.079	0.117	0.166	0.223	0.169
Anth	1.043	0.010	0.033	0.025	0.078	0.238	0.034	0.032	0.022	0.030
Fluor	4.365	0.073	0.085	0.062	0.099	0.937	0.070	0.178	0.081	0.110
Pyr	3.098	0.101	0.036	0.090	0.065	0.678	0.055	0.197	0.102	0.118
BaA	1.922	0.077	0.128	0.089	0.197	0.482	0.031	0.082	0.115	0.076
Chy	7.266	0.110	0.113	0.103	0.158	1.550	0.017	0.061	0.109	0.062
BbF	22.321	0.440	0.429	0.234	0.413	4.767	0.220	0.160	0.251	0.210
BkF	18.808	0.077	0.263	0.136	0.390	3.935	0.083	0.027	0.087	0.066
BaP	32.838	0.366	0.299	0.194	0.100	6.759	0.195	0.141	0.112	0.149
DBahA	ND	2.816	4.250	4.628	2.284	2.796	4.057	3.782	2.406	3.415
IND	ND	0.446	1.385	1.122	1.267	0.844	1.366	1.088	0.596	1.017
BghiP	ND	1.881	2.652	1.705	0.847	1.417	2.342	2.423	2.186	2.317
Total (ng/m^3)	106.268	6.576	10.719	8.967	6.767	27.860	11.376	8.634	6.473	8.827

หมายเหตุ: ND หมายถึง non - detected

ตารางที่ ข-6 ค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมงของสารประกอบพีเอเอชในฝุ่น PM_{10} จากจุดเก็บตัวอย่างโดยรอบโรงไฟฟ้าทั้ง 4 จุด (บริเวณองค์การบริการส่วนตำบลคูบัว)

ชนิด	ฤดูแล้ง				ฤดูฝน			
	26-27 ม.ค. 49	3-4 มี.ค. 49	22-23 พ.ค. 49	**ค่าเฉลี่ย**	12-13 มิ.ย. 49	3-4 ก.ค. 49	20-21 ก.ค. 49	**ค่าเฉลี่ย**
Nap	4.227	0.125	0.218	1.523	0.201	0.144	0.161	0.169
Acy	ND	0.018	0.034	0.017	0.094	0.066	0.101	0.087
Ace	0.872	0.026	0.087	0.329	0.016	0.033	0.039	0.029
Flu	1.139	0.023	0.026	0.396	0.849	0.029	0.020	0.299
Phe	4.212	0.092	0.096	1.466	0.764	0.314	0.228	0.435
Anth	1.298	0.023	0.022	0.448	0.726	0.033	0.025	0.261
Fluor	4.986	0.083	0.084	1.718	1.086	0.117	0.119	0.441
Pyr	4.002	0.143	0.056	1.400	0.836	0.107	0.141	0.361
BaA	1.787	0.046	0.124	0.652	1.061	0.133	0.088	0.427
Chy	11.809	0.152	0.127	4.029	0.920	0.198	0.180	0.432
BbF	29.913	1.093	0.422	10.476	0.403	0.211	0.650	0.421
BkF	17.480	0.223	0.146	5.949	0.729	0.173	0.189	0.364
BaP	25.316	0.732	0.117	8.722	0.356	0.184	0.273	0.271
DBahA	ND	5.431	3.405	2.945	3.160	3.420	4.058	3.546
IND	ND	0.889	1.140	0.676	0.839	0.725	1.098	0.887
BghiP	ND	3.813	1.837	1.883	2.149	2.135	3.710	2.664
Total (ng/m^3)	107.041	12.912	7.942	42.632	14.189	8.022	11.079	11.097

หมายเหตุ: ND หมายถึง non – detected

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข-7 ค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมงของสารประกอบพีเอเอชในฝุ่น PM_{10} จากจุดเก็บตัวอย่างโดยรอบโรงไฟฟ้าทั้ง 4 จุด (บริเวณโรงเรียนวัดอมรญาติสมาคม)

ชนิด	ฤดูฝน			
	12-13 มิ.ย. 49	3-4 ก.ค. 49	20-21 ก.ค. 49	**ค่า เฉลี่ย**
Nap	0.768	0.174	0.142	0.361
Acy	0.715	0.066	0.021	0.268
Ace	0.737	0.066	0.020	0.274
Flu	0.762	0.019	0.016	0.266
Phe	0.700	0.270	0.106	0.359
Anth	0.608	0.026	0.040	0.225
Fluor	0.697	0.098	0.121	0.305
Pyr	0.855	0.047	0.138	0.347
BaA	1.120	0.061	0.142	0.441
Chy	1.058	0.053	0.103	0.405
BbF	1.185	0.290	0.669	0.715
BkF	0.403	0.151	0.339	0.298
BaP	0.194	0.247	0.455	0.299
DBahA	6.867	3.510	7.276	5.884
IND	2.640	1.466	1.433	1.846
BghiP	4.143	3.027	4.965	4.045
Total (ng/m^3)	23.453	9.572	15.987	16.337

หมายเหตุ: ND หมายถึง non – detected

ศูนย์วิทยทรัพยากร จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข-8 ค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมงของสารประกอบพีเอเอชในฝุ่น PM_{10} จากสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศแบบต่อเนื่องของโรงไฟฟ้าทั้ง 4 จุด (บริเวณวัดนักบุญอันตนนีโอ)

ชนิด	ฤดูแล้ง				
	24 มี.ค. 49	25 มี.ค. 49	6 พ.ค. 49	7 พ.ค. 49	**ค่า เฉลี่ย**
Nap	0.999	1.807	0.867	0.928	1.150
Acy	0.160	0.031	0.108	0.178	0.119
Ace	0.176	0.029	0.106	0.061	0.093
Flu	0.814	3.531	1.595	1.183	1.781
Phe	1.808	1.220	1.174	1.427	1.407
Anth	0.662	0.617	0.473	0.420	0.543
Fluor	0.050	0.028	0.074	0.024	0.044
Pyr	0.090	0.078	1.030	ND	0.300
BaA	0.103	0.238	0.294	0.192	0.207
Chy	0.042	0.317	0.251	0.040	0.163
BbF	8.720	ND	ND	2.721	2.860
BkF	1.819	ND	ND	5.612	1.858
BaP	2.136	1.895	10.480	54.887	17.350
DBahA	6.712	2.239	3.908	17.077	7.484
IND	7.215	4.189	1.610	24.609	9.406
BghiP	24.206	3.486	3.255	34.165	16.278
Total (ng/m^3)	55.713	19.706	25.225	143.527	61.043

หมายเหตุ: ND หมายถึง non – detected

ตารางที่ ข-9 ค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมงของสารประกอบพีเอเอชในฝุ่น PM_{10} จากสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศแบบต่อเนื่องของโรงไฟฟ้าทั้ง 4 จุด (บริเวณวัดวัดบางกระโด)

ชนิด	ฤดูแล้ง				
	24 มี.ค. 49	25 มี.ค. 49	6 พ.ค. 49	7 พ.ค. 49	**ค่า เฉลี่ย**
Nap	1.032	1.124	0.502	0.763	0.855
Acy	0.285	0.099	0.066	0.028	0.120
Ace	0.073	0.105	0.082	0.138	0.100
Flu	2.415	3.340	0.256	0.868	1.720
Phe	0.478	0.510	0.598	0.576	0.541
Anth	0.327	0.365	0.412	0.363	0.366
Fluor	0.246	0.380	0.148	0.073	0.212
Pyr	0.211	0.448	0.084	0.078	0.206
BaA	0.041	0.118	0.094	0.148	0.101
Chy	0.076	0.066	0.054	0.061	0.064
BbF	ND	2.996	1.363	7.836	3.049
BkF	4.960	1.435	13.801	ND	5.049
BaP	2.333	1.671	ND	4.697	2.175
DBahA	10.006	10.274	25.977	6.350	13.152
IND	9.781	4.115	9.015	6.728	7.410
BghiP	2.434	6.183	24.227	1.573	8.604
Total (ng/m^3)	34.700	33.229	76.681	30.279	43.722

หมายเหตุ: ND หมายถึง non - detected

ตารางที่ ข-10 ค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมงของสารประกอบพีเอเอชในฝุ่น PM_{10} จากสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศแบบต่อเนื่องของโรงไฟฟ้าทั้ง 4 จุด (บริเวณวัดโพธิ์ราษฎร์บูรณะ)

ชนิด	ฤดูแล้ง				
	24 มี.ค. 49	25 มี.ค. 49	6 พ.ค. 49	7 พ.ค. 49	**ค่า เฉลี่ย**
Nap	1.782	0.564	1.083	0.846	1.069
Acy	0.032	0.056	0.067	0.099	0.064
Ace	0.127	0.061	0.064	0.104	0.089
Flu	3.545	0.069	2.037	1.786	1.859
Phe	0.528	0.636	0.685	0.581	0.608
Anth	0.315	0.361	0.392	0.309	0.344
Fluor	0.010	0.090	0.027	0.322	0.112
Pyr	0.238	0.049	0.049	1.082	0.355
BaA	0.297	ND	0.057	0.167	0.130
Chy	0.198	0.038	ND	0.075	0.078
BbF	ND	ND	ND	7.232	1.808
BkF	ND	2.638	ND	ND	0.659
BaP	ND	13.119	4.675	ND	4.449
DBahA	20.781	110.917	ND	9.557	35.314
IND	16.697	28.302	ND	11.380	14.095
BghiP	3.911	44.128	33.500	7.156	22.173
Total (ng/m^3)	48.462	201.028	42.638	40.697	83.206

หมายเหตุ: ND หมายถึง non - detected

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข-11 ค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมงของสารประกอบพีเอเอชในฝุ่น PM_{10} จากสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศแบบต่อเนื่องของโรงไฟฟ้าทั้ง 4 จุด (บริเวณวัดชาวเหนือ)

ชนิด	ฤดูแล้ง				
	24 มี.ค. 49	25 มี.ค. 49	6 พ.ค. 49	7 พ.ค. 49	**ค่า เฉลี่ย**
Nap	1.736	0.932	0.668	1.945	1.320
Acy	0.041	0.028	0.013	0.037	0.030
Ace	0.123	0.104	0.180	0.260	0.167
Flu	3.133	1.721	0.337	3.054	2.061
Phe	0.799	0.780	1.084	1.019	0.921
Anth	0.389	0.496	0.599	0.456	0.485
Fluor	0.030	0.023	0.808	0.033	0.223
Pyr	0.056	0.233	ND	0.553	0.211
BaA	0.314	0.020	0.058	0.115	0.126
Chy	0.127	0.106	0.073	0.121	0.107
BbF	ND	ND	7.130	ND	1.782
BkF	ND	ND	2.590	ND	0.648
BaP	ND	43.324	12.507	23.969	19.950
DBahA	ND	ND	ND	ND	ND
IND	20.292	ND	9.633	8.066	9.498
BghiP	19.684	65.315	22.465	1.971	27.358
Total (ng/m^3)	46.722	113.082	58.144	41.599	64.887

หมายเหตุ: ND หมายถึง non – detected

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข-12 ชนิดและปริมาณของสารประกอบพีเอเอชในน้ำมันเชื้อเพลิงของโรงไฟฟ้าและในดินบริเวณใกล้เคียงโรงไฟฟ้า

ชนิด	น้ำมันเชื้อเพลิงจากโรงไฟฟ้า		ตัวอย่างดิน
	น้ำมันเตา	น้ำมันดีเซล	
Nap	424.307	46.775	56.457
Acy	ND	8.397	34.521
Ace	810.120	23.042	10.697
Flu	2,212.605	414.091	22.615
Phe	217.593	48.456	13.206
Anth	16.634	7.781	3.084
Fluor	12.149	1.513	5.076
Pyr	12,813.646	56.422	15.976
BaA	916.869	1.394	0.329
Chy	645.683	0.593	1.773
BbF	250.811	ND	1.064
BkF	183.910	ND	0.551
BaP	120.854	ND	3.082
DBahA	305.919	2.191	4.673
IND	77.105	0.261	4.320
BghiP	85.541	2.412	31.813
Total (ng/mg)	19,093.788	613.330	204.543

หมายเหตุ: ND หมายถึง non – detected

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ค

ข้อมูลอุตุนิยมวิทยา

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ค-1 ข้อมูลอุตุนิยมวิทยาบริเวณโรงเรียนบ้านหนองสองห้อง

วัน/เดือน/ปี	อุณหภูมิ[a] (°C)	ความชื้นสัมพัทธ์[b] (%)	ปริมาณน้ำฝน[b] (mm)	ความเร็วลม[a] (m/s)	ทิศลมหลัก[a]
ฤดูแล้ง					
26-27 ม.ค. 2549	23.5 (18.4-29.9)	67.0 (42.0-94.0)	0.0	0.8 (0.0-2.7)	NE
3-4 มี.ค. 2549	26.6 (22.5-33.1)	81.0 (58.0-96.0)	0.0	0.4 (0.0-1.8)	NNE
11-12 เม.ย. 2549	31.1 (25.2-40.1)	74.0 (46.0-93.0)	0.0	0.6 (0.0-2.7)	SSE
24-25 เม.ย. 2549	31.7 (25.5-40.4)	75.0 (47.0-96.0)	0.0	0.5 (0.0-1.8)	SE
22-23 พ.ค. 2549	28.8 (24.8-36.7)	83.5 (57.0-97.0)	1.7	0.3 (0.0-0.9)	S
ค่าเฉลี่ย	28.34	76.10	0.34	0.52	NE
ฤดูฝน					
12-13 มิ.ย. 2549	28.3 (24.1-36.9)	78.0 (52.0-93.0)	0.1	0.5 (0.0-1.8)	WSW
3-4 ก.ค. 2549	28.6 (24.6-36.8)	88.0 (77.0-98.0)	3.1	0.4 (0.0-1.3)	W
20-21 ก.ค. 2549	27.8 (23.4-37.4)	85.5 (60.0-98.0)	10.1	0.7 (0.0-2.7)	SW
ค่าเฉลี่ย	28.23	83.83	4.43	0.53	SW

หมายเหตุ: a คือ ข้อมูลอุตุนิยมวิทยาที่ทำการตรวจวัด ณ จุดเก็บตัวอย่าง

b คือ ข้อมูลอุตุนิยมวิทยาที่ทำการตรวจวัดโดยกรมอุตุนิยมวิทยา (กรมอุตุนิยมวิทยา, 2549)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ค-2 ข้อมูลอุตุนิยมวิทยาบริเวณองค์การบริหารส่วนตำบลดอนทราย

วัน/เดือน/ปี	อุณหภูมิ[a] (°C)	ความชื้นสัมพัทธ์[b] (%)	ปริมาณน้ำฝน[b] (mm)	ความเร็วลม[a] (m/s)	ทิศลมหลัก[a]
ฤดูแล้ง					
26-27 ม.ค. 2549	24.2 (18.2-32.3)	67.0 (42.0-94.0)	0.0	0.6 (0.0-1.8)	N
3-4 มี.ค. 2549	27.1 (22.0-35.1)	81.0 (58.0-96.0)	0.0	0.4 (0.0-1.8)	ESE
11-12 เม.ย. 2549	32.1 (25.6-41.2)	74.0 (46.0-93.0)	0.0	0.9 (0.0-2.2)	ESE
24-25 เม.ย. 2549	32.3 (25.7-42.0)	75.0 (47.0-96.0)	0.0	0.8 (0.0-2.2)	ESE
22-23 พ.ค. 2549	29.6 (25.0-38.1)	83.5 (57.0-97.0)	1.7	0.3 (0.0-0.9)	S
ค่าเฉลี่ย	29.06	76.10	0.34	0.60	N
ฤดูฝน					
12-13 มิ.ย. 2549	29.0 (24.2-38.6)	78.0 (52.0-93.0)	0.1	0.4 (0.0-1.8)	WNW
3-4 ก.ค. 2549	28.1 (24.8-35.0)	88.0 (77.0-98.0)	3.1	0.3 (0.0-1.8)	NW
20-21 ก.ค. 2549	29.9 (24.3-41.5)	85.5 (60.0-98.0)	10.1	0.5 (0.0-1.8)	SSW
ค่าเฉลี่ย	29.0	83.83	4.43	0.40	W

หมายเหตุ: a คือ ข้อมูลอุตุนิยมวิทยาที่ทำการตรวจวัด ณ จุดเก็บตัวอย่าง

b คือ ข้อมูลอุตุนิยมวิทยาที่ทำการตรวจวัดโดยกรมอุตุนิยมวิทยา (กรมอุตุนิยมวิทยา, 2549)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ค-3 ข้อมูลอุตุนิยมวิทยาบริเวณโรงเรียนบ้านไร่ชาวเหนือ

วัน/เดือน/ปี	อุณหภูมิ[a] (°C)	ความชื้นสัมพัทธ์[b] (%)	ปริมาณน้ำฝน[b] (mm)	ความเร็วลม[a] (m/s)	ทิศลมหลัก[a]
ฤดูแล้ง					
26-27 ม.ค. 2549	24.9 (18.7-32.7)	67.0 (42.0-94.0)	0.0	0.6 (0.0-1.8)	NNW
3-4 มี.ค. 2549	26.8 (21.9-36.0)	81.0 (58.0-96.0)	0.0	1.3 (0.0-2.7)	S
11-12 เม.ย. 2549	31.6 (25.3-39.5)	74.0 (46.0-93.0)	0.0	0.5 (0.0-1.8)	SSW
24-25 เม.ย. 2549	31.8 (25.3-42.4)	75.0 (47.0-96.0)	0.0	0.3 (0.0-1.3)	SSW
22-23 พ.ค. 2549	29.1 (24.7-36.4)	83.5 (57.0-97.0)	1.7	0.6 (0.0-1.3)	SE
ค่าเฉลี่ย	28.84	76.10	0.34	0.66	SSW
ฤดูฝน					
12-13 มิ.ย. 2549	28.7 (24.8-39.0)	78.0 (52.0-93.0)	0.1	0.1 (0.0-0.9)	W
3-4 ก.ค. 2549	30.1 (26.1-37.2)	88.0 (77.0-98.0)	3.1	0.5 (0.0-1.8)	NW
20-21 ก.ค. 2549	29.5 (24.8-39.1)	85.5 (60.0-98.0)	10.1	0.3 (0.0-0.9)	WSW
ค่าเฉลี่ย	29.43	83.83	4.43	0.30	NW

หมายเหตุ: a คือ ข้อมูลอุตุนิยมวิทยาที่ทำการตรวจวัด ณ จุดเก็บตัวอย่าง

b คือ ข้อมูลอุตุนิยมวิทยาที่ทำการตรวจวัดโดยกรมอุตุนิยมวิทยา (กรมอุตุนิยมวิทยา, 2549)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ค-4 ข้อมูลอุตุนิยมวิทยาบริเวณองค์การบริหารส่วนตำบลคูบัว

วัน/เดือน/ปี	อุณหภูมิ[a] (^{o}C)	ความชื้นสัมพัทธ์[b] (%)	ปริมาณน้ำฝน[b] (mm)	ความเร็วลม[a] (m/s)	ทิศลมหลัก[a]
ฤดูแล้ง					
26-27 ม.ค. 2549	24.5 (19.4-33.1)	67.0 (42.0-94.0)	0.0	0.8 (0.0-2.7)	NNW
3-4 มี.ค. 2549	25.9 (22.1-36.5)	81.0 (58.0-96.0)	0.0	0.8 (0.0-3.1)	SSE
22-23 พ.ค. 2549	29.3 (24.6-36.9)	83.5 (57.0-97.0)	1.7	0.1 (0.0-0.4)	NE
ค่าเฉลี่ย	26.57	79.17	0.57	0.57	NNW
ฤดูฝน					
12-13 มิ.ย. 2549	28.9 (24.6-39.1)	78.0 (52.0-93.0)	0.1	0.1 (0.0-0.4)	SSE
3-4 ก.ค. 2549	28.1 (24.6-36.6)	88.0 (77.0-98.0)	3.1	0.0 (0.0-0.4)	W
20-21 ก.ค. 2549	28.3 (23.8-38.1)	85.5 (60.0-98.0)	10.1	0.2 (0.0-0.9)	SSW
ค่าเฉลี่ย	28.43	83.83	4.43	0.10	SSW

ตารางที่ ค-5 ข้อมูลอุตุนิยมวิทยาบริเวณโรงเรียนวัดอมรญาติสมาคม

วัน/เดือน/ปี	อุณหภูมิ[a] (^{o}C)	ความชื้นสัมพัทธ์[b] (%)	ปริมาณน้ำฝน[b] (mm)	ความเร็วลม[a] (m/s)	ทิศลมหลัก[a]
ฤดูฝน					
12-13 มิ.ย. 2549	30.5 (24.7-39.7)	78.0 (52.0-93.0)	0.1	0.3 (0.0-0.9)	WNW
3-4 ก.ค. 2549	31.2 (26.1-39.9)	88.0 (77.0-98.0)	3.1	0.1 (0.0-0.4)	N
20-21 ก.ค. 2549	29.1 (24.4-39.1)	85.5 (60.0-98.0)	10.1	0.1 (0.0-0.9)	NW
ค่าเฉลี่ย	30.27	83.83	4.43	0.17	WNW

หมายเหตุ: a คือ ข้อมูลอุตุนิยมวิทยาที่ทำการตรวจวัด ณ จุดเก็บตัวอย่าง

b คือ ข้อมูลอุตุนิยมวิทยาที่ทำการตรวจวัดโดยกรมอุตุนิยมวิทยา (กรมอุตุนิยมวิทยา, 2549)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ค-6 ข้อมูลอุตุนิยมวิทยาบริเวณวัดนักบุญอันตนนีโอ

วัน/เดือน/ปี	อุณหภูมิ[a] (^oC)	ความชื้นสัมพัทธ์[a] (%)	ปริมาณน้ำฝน[a] (mm)	ความเร็วลม[a] (m/s)	ทิศลมหลัก[a]
ฤดูแล้ง					
24 มี.ค. 2549	30.2 (25.4-37.6)	74.9 (41.0-100.0)	0.0	1.6 (0.1-3.6)	SE
25 มี.ค. 2549	30.1 (24.3-37.2)	70.3 (42.0-100.0)	0.0	1.8 (0.1-3.5)	SE
6 พ.ค. 2549	31.1 (26.8-38.4)	73.5 (42.0-100.0)	0.0	1.5 (0.3-2.7)	S
7 พ.ค. 2549	30.7 (26.7-37.3)	73.9 (48.0-98.0)	0.0	1.2 (0.1-2.7)	SW
ค่าเฉลี่ย	30.53	73.15	0.00	1.53	SE

ตารางที่ ค-7 ข้อมูลอุตุนิยมวิทยาบริเวณวัดบางกระโด

วัน/เดือน/ปี	อุณหภูมิ[a] (^oC)	ความชื้นสัมพัทธ์[a] (%)	ปริมาณน้ำฝน[a] (mm)	ความเร็วลม[a] (m/s)	ทิศลมหลัก[a]
ฤดูแล้ง					
24 มี.ค. 2549	30.3 (25.5-37.9)	80.0 (42.0-100.0)	0.0	1.7 (0.1-3.8)	SSE
25 มี.ค. 2549	30.0 (24.9-36.4)	74.5 (44.0-100.0)	0.0	1.9 (0.2-3.7)	SSE
6 พ.ค. 2549	31.2 (26.8-38.6)	77.3 (42.0-100.0)	0.0	1.2 (0.1-2.6)	S
7 พ.ค. 2549	30.7 (26.7-37.3)	79.9 (54.0-100.0)	0.0	1.0 (0.1-2.6)	SW
ค่าเฉลี่ย	30.55	77.93	0.00	1.45	SE

หมายเหตุ: a คือ ข้อมูลอุตุนิยมวิทยาที่ทำการตรวจวัด ณ จุดเก็บตัวอย่าง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ค-8 ข้อมูลอุตุนิยมวิทยาบริเวณวัดโพธิ์ราษฎร์บูรณะ

วัน/เดือน/ปี	อุณหภูมิ[a] (°C)	ความชื้นสัมพัทธ์[a] (%)	ปริมาณน้ำฝน[a] (mm)	ความเร็วลม[a] (m/s)	ทิศลมหลัก[a]
ฤดูแล้ง 24 มี.ค. 2549	28.8 (24.4-35.3)	76.8 (44.0-100.0)	0.0	1.3 (0.2-3.2)	SE
25 มี.ค. 2549	28.6 (23.9-34.1)	71.1 (44.0-100.0)	0.0	1.4 (0.2-2.8)	SE
6 พ.ค. 2549	30.3 (25.7-36.7)	72.9 (40.0-100.0)	9.1	0.9 (0.3-3.0)	SSW
7 พ.ค. 2549	29.4 (25.6-37.1)	75.0 (48.0-99.0)	4.5	0.7 (0.2-2.0)	SW
ค่าเฉลี่ย	29.28	73.95	3.40	1.08	SE

ตารางที่ ค-9 ข้อมูลอุตุนิยมวิทยาบริเวณวัดชาวเหนือ

วัน/เดือน/ปี	อุณหภูมิ[a] (°C)	ความชื้นสัมพัทธ์[a] (%)	ปริมาณน้ำฝน[a] (mm)	ความเร็วลม[a] (m/s)	ทิศลมหลัก[a]
ฤดูแล้ง 24 มี.ค. 2549	28.5 (24.2-34.4)	75.2 (46.0-96.0)	0.0	2.1 (0.3-4.9)	SSE
25 มี.ค. 2549	28.2 (23.2-33.9)	71.1 (46.0-93.0)	0.0	2.4 (0.1-4.7)	SSE
6 พ.ค. 2549	29.2 (25.5-35.4)	74.9 (47.0-95.0)	5.9	1.5 (0.2-3.1)	S
7 พ.ค. 2549	29.0 (25.0-34.7)	74.5 (54.0-94.0)	0.0	1.3 (0.1-4.1)	SW
ค่าเฉลี่ย	28.73	73.93	1.48	1.83	SSE

หมายเหตุ: a คือ ข้อมูลอุตุนิยมวิทยาที่ทำการตรวจวัด ณ จุดเก็บตัวอย่าง

ศูนย์วิทยทรัพยากร จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ค-10 ข้อมูลอุตุนิยมวิทยาของจังหวัดที่ทำการศึกษา (กรมอุตุนิยมวิทยา, 2549)

วัน/เดือน/ปี	อุณหภูมิ[b] (^{o}C)	ความชื้นสัมพัทธ์[b] (%)	ปริมาณน้ำฝน[b] (mm)	ความเร็วลม[b] (m/s)	ทิศลมหลัก[b]
ฤดูแล้ง 26-27 ม.ค. 2549	23.2 (18.5-29.9)	66.6 (42.0-94.0)	0.0	1.4 (0.0-4.0)	N
3-4 มี.ค. 2549	26.9 (22.5-32.5)	81.1 (58.0-96.0)	0.0	0.8 (0.0-4.0)	S
24-25 มี.ค. 2549	29.2 (24.0-35.5)	73.7 (45.0-92.0)	0.0	1.0 (0.0-3.0)	SE
11-12 เม.ย. 2549	30.2 (25.5-36.5)	74.1 (46.0-93.0)	0.0	0.7 (0.0-3.0)	E
24-25 เม.ย. 2549	29.5 (25.5-36.4)	74.6 (47.0-96.0)	0.0	0.5 (0.0-2.0)	ESE
6-7 พ.ค. 2549	29.5 (26.0-36.0)	73.3 (44.0-94.0)	0.0	0.7 (0.0-3.0)	S
22-23 พ.ค. 2549	27.4 (24.9-32)	83.6 (57.0-97.0)	1.7	0.9 (0.0-3.0)	S
ค่าเฉลี่ย	27.99	75.29	0.34	0.86	S
ฤดูฝน 12-13 มิ.ย. 2549	28.6 (24.7-35.0)	77.9 (52.0-93.0)	0.1	0.4 (0.0-3.0)	W
3-4 ก.ค. 2549	27.4 (25.2-31.0)	87.8 (77.0-98.0)	3.1	0.1 (0.0-2.0)	W
20-21 ก.ค. 2549	26.9 (24.0-32.5)	85.4 (60.0-98.0)	10.1	0.4 (0.0-4.0)	W
ค่าเฉลี่ย	27.63	83.70	4.43	0.30	W

หมายเหตุ: b คือ ข้อมูลอุตุนิยมวิทยาที่ทำการตรวจวัดโดยกรมอุตุนิยมวิทยา

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ค-11 ข้อมูลปริมาณน้ำฝน ราย 3 ชั่วโมง ระหว่างเดือนมกราคมถึงเดือนกรกฎาคม 2549 ของจังหวัดที่ทำการศึกษา (กรมอุตุนิยมวิทยา, 2549)

วันที่	เวลาที่ทำการตรวจวัด								รวม
	1:00	4:00	7:00	10:00	13:00	16:00	19:00	22:00	
1/1/2549	0	0	0	0	0	0	0	0	-
2/1/2549	0	0	0	0	0	0	0	0	-
3/1/2549	0	0	0	0	0	0	0	0	-
4/1/2549	0	0	0	0	0	0	0	0	-
5/1/2549	0	0	0	0	0	0	0	0	-
6/1/2549	0	0	0	0	0	0	0	0	-
7/1/2549	0	0	0	0	0	0	0	0	-
8/1/2549	0	0	0	0	0	0	0	0	-
9/1/2549	0	0	0	0	0	0	0	0	-
10/1/2549	0	0	0	0	0	0	0	0	-
11/1/2549	0	0	0	0	0	0	0	0	-
12/1/2549	0	0	0	0	0	0	0	0	-
13/1/2549	0	0	0	0	0	0	0	0	-
14/1/2549	0	0	0	0	0	0	0	0	-
15/1/2549	0	0	0	0	0	0	0	0	-
16/1/2549	0	0	0	0	0	0	0	0	-
17/1/2549	0	0	0	0	0	0	0	0	-
18/1/2549	0	0	0	0	0	0	0	0	-
19/1/2549	0	0	0	0	0	0	0	0	-
20/1/2549	0	0	0	0	0	0	0	0	-
21/1/2549	0	0	0	0	0	0	0	0	-
22/1/2549	0	0	0	0	0	0	0	0	-
23/1/2549	0	0	0	0	0	0	0	0	-
24/1/2549	0	0	0	0	0	0	0	0	-
25/1/2549	0	0	0	0	0	0	0	0	-
26/1/2549	0	0	0	0	0	0	0	0	-
27/1/2549	0	0	0	0	0	0	0	0	-
28/1/2549	0	0	0	0	0	0	0	0	-
29/1/2549	0	0	0	0	0	0	0	0	-
30/1/2549	0	0	0	0	0	0	0	0	-
31/1/2549	0	0	0	0	0	0	0	0	-
1/2/2549	0	0	0	0	0	0	0	0	-
2/2/2549	0	0	0	0	0	0	0	0	-
3/2/2549	0	0	0	0	0	0	0	0	-
4/2/2549	0	0	0	0	0.2	0	0	0	0.2
5/2/2549	0	0	0	0	0	0	0	0	-
6/2/2549	0	0	0	0	0	0	0	0	-
7/2/2549	0	0	0	0	0	0	0	0	-

ตารางที่ ค-11 ข้อมูลปริมาณน้ำฝน ราย 3 ชั่วโมง ระหว่างเดือนมกราคมถึงเดือนกรกฎาคม 2549 ของจังหวัดที่ทำการศึกษา (กรมอุตุนิยมวิทยา, 2549) (ต่อ)

วันที่	เวลาที่ทำการตรวจวัด								รวม
	1:00	4:00	7:00	10:00	13:00	16:00	19:00	22:00	
8/2/2549	0	0	0	0	0	0	0	0	-
9/2/2549	0	0	0	0	0	0	0	0	-
10/2/2549	0	0	0	0	0	0	0	0	-
11/2/2549	0	0	0	0	0	0	0	0	-
12/2/2549	0	0	0	0	0	0	0	1.7	1.7
13/2/2549	7.8	5.3	2.3	T	0.3	0	0	0	15.7
14/2/2549	0	0	0	0	0	0	0	0	-
15/2/2549	0	0	0	0	0	0	0	0	-
16/2/2549	0	0	0	0	0	0	0	0	-
17/2/2549	0	0	0	0	0	0	0	0	-
18/2/2549	0	0	0	0	0	0	0	0	-
19/2/2549	0	0	0	0	0	0	0	0	-
20/2/2549	0	0	0	0	0	0	0	0	-
21/2/2549	0	0	0	0	0	0	0	0	-
22/2/2549	0	0	0	0	0	0	0	0	-
23/2/2549	0	0	0	0	0.3	0	0	0	0.3
24/2/2549	0	0	0	0	0	0	0	0	-
25/2/2549	0	0	0	0	0	0	0	0	-
26/2/2549	0	0	0	0	0	0	0	0	-
27/2/2549	0	0	0	0	0	0	0	0	-
28/2/2549	0	0	0	0	0	0	0	0	-
1/3/2549	0	0	0	0	0	0	0	0	-
2/3/2549	0	0	0	T	0	0	0	0	T
3/3/2549	0	0	0	0	0	0	0	0	-
4/3/2549	0	0	0	0	0	0	0	0	-
5/3/2549	0	0	0	0	0	0	0	0	-
6/3/2549	0	0	0	0	0	0	0	0	-
7/3/2549	0	0	0	0	0	0	0	0	-
8/3/2549	0	0	0	0	0	0	0	0	-
9/3/2549	0	0	0	0	0	0	0	0	-
10/3/2549	0	0	0	0	0	0	0	0	-
11/3/2549	0	0	0	0	0	0	0	0	-
12/3/2549	0	0	0	0	0	0	0	0	-
13/3/2549	0	0	0	0	0	0	0	0	-
14/3/2549	0	0	0	0	0	0	0	0	-

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ค-11 ข้อมูลปริมาณน้ำฝน ราย 3 ชั่วโมง ระหว่างเดือนมกราคมถึงเดือนกรกฎาคม 2549 ของจังหวัดที่ทำการศึกษา (กรมอุตุนิยมวิทยา, 2549) (ต่อ)

วันที่	เวลาที่ทำการตรวจวัด								รวม
	1:00	4:00	7:00	10:00	13:00	16:00	19:00	22:00	
15/3/2549	0	0	0	0	0	0	0	0	-
16/3/2549	0	0	0	0	0	0	0	0	-
17/3/2549	0	0	0	0	0	0	0	0	-
18/3/2549	0	0	0	0	0	0	0	0	-
19/3/2549	0	0	0	0	0	0	0	0	-
20/3/2549	0	0	0	0	0	0	0	0	-
21/3/2549	0	0	0	0	0	0	0	0	-
22/3/2549	0	0	0	0	0	0	0	0	-
23/3/2549	0	0	0	0	0	0	0	0	-
24/3/2549	0	0	0	0	0	0	0	0	-
25/3/2549	0	0	0	0	0	0	0	0	-
26/3/2549	0	0	0	0	0	0	0	0	-
27/3/2549	0	0	0	0	0	0	0	0	-
28/3/2549	0	0	0	0	0	0	0	0	-
29/3/2549	0	1.3	0	0	0	0	0	0	1.3
30/3/2549	0	0	0	0	9.5	0.7	0	0	10.2
31/3/2549	0	0	0	0	0	T	0.5	1.2	1.7
1/4/2549	T	0	0	0	T	1.9	0	0	1.9
2/4/2549	0	0	0	0	0	0	0	0	-
3/4/2549	0	0	0	0	0	0	0.1	0	0.1
4/4/2549	0	0	0	0	0	0	0	0	-
5/4/2549	0	0	0	0	0	0	0	0	-
6/4/2549	0	0	0	0	0	0	0	0	-
7/4/2549	0	0	0	0	0	0	0	0	-
8/4/2549	1.1	0	0	0	0	0	0	0	1.1
9/4/2549	0	0	0	0	0	0	0	0	-
10/4/2549	0	0	0	0	0	0	0	0	-
11/4/2549	0	0	0	0	0	0	0	0	-
12/4/2549	0	0	0	0	0	0	0	0	-
13/4/2549	0	0	0	0	0	0	0	0	-
14/4/2549	0	0	0	0	0	0	0	0	-
15/4/2549	0	0	0	0	0	0	3.9	41.3	45.2
16/4/2549	T	0.5	T	T	0	0	0	0	0.5
17/4/2549	0	0	0	0	0	0	0	0	-
18/4/2549	0	0	0	0	0	0	0	0	-

ตารางที่ ค-11 ข้อมูลปริมาณน้ำฝน ราย 3 ชั่วโมง ระหว่างเดือนมกราคมถึงเดือนกรกฎาคม 2549 ของจังหวัดที่ทำการศึกษา (กรมอุตุนิยมวิทยา, 2549) (ต่อ)

วันที่	เวลาที่ทำการตรวจวัด								รวม
	1:00	4:00	7:00	10:00	13:00	16:00	19:00	22:00	
19/4/2549	0	0	0	0	0	0	0	0	-
20/4/2549	0	0	0	T	T	0	0	0	0
21/4/2549	0	0	0	0	0	0	0	0	-
22/4/2549	0	0	0	0	0	0	0	0	-
23/4/2549	0	0	0	0	0	0	0	0	-
24/4/2549	0	0	0	0	0	0	0	0	-
25/4/2549	0	0	0	0	0	0	0	0	-
26/4/2549	0.5	0	0	0	0	0	0	0	0.5
27/4/2549	0	0	0	0	0	0	0.4	0	0.4
28/4/2549	0	0	0	0	0	11.9	0	0	11.9
29/4/2549	0	0	0	0	0	0	T	0	T
30/4/2549	0	0	0	0	0	T	0	0	T
1/5/2549	0	0	0	0	0	3.6	T	0	3.6
2/5/2549	0	0	0	0	0	0	0	0	-
3/5/2549	0	0	0	0	0	0	0	0	-
4/5/2549	0	0	0	0	0	0	0	0	-
5/5/2549	0	0	0	0	0	0	0	0	-
6/5/2549	0	0	0	0	0	0	0	0	-
7/5/2549	0	0	0	0	0	0	0	0	-
8/5/2549	0	0	0	0	0	0	0	0	-
9/5/2549	0	0	0	0	0	0	0	0	-
10/5/2549	0	0	0	0	0	0	0	T	T
11/5/2549	0	0	0	7.1	T	0	0	0	7.1
12/5/2549	0	0	0	0	0	0	0	0	-
13/5/2549	0	0	0	0	0	0	0	0	-
14/5/2549	0	0	0	0	0	0	0	0	-
15/5/2549	0	0	0	0	59.7	16.5	0	0	76.2
16/5/2549	0	0	0	0	0	0	1.6	4.4	6
17/5/2549	3.4	1.4	1.1	0	0	0	0.5	0.7	7.1
18/5/2549	0	0	0	0	4.5	3.5	1.7	0.3	10
19/5/2549	1	1.5	0.2	0.5	0.1	T	0	1	4.3
20/5/2549	1.7	0.8	0.2	0	0.7	T	T	2.2	5.6
21/5/2549	0.7	7	4.9	0.5	4.3	T	1.3	2.1	20.8
22/5/2549	0.5	0.8	0.1	0.2	T	T	0.1	0	1.7
23/5/2549	0	0	0	0	0	0	0	0	-

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ค-11 ข้อมูลปริมาณน้ำฝน ราย 3 ชั่วโมง ระหว่างเดือนมกราคมถึงเดือนกรกฎาคม 2549 ของจังหวัดที่ทำการศึกษา (กรมอุตุนิยมวิทยา, 2549) (ต่อ)

วันที่	เวลาที่ทำการตรวจวัด								รวม
	1:00	4:00	7:00	10:00	13:00	16:00	19:00	22:00	
24/5/2549	0	0	0	0	0	4.5	23.6	0	28.1
25/5/2549	0	0	0	0	0	0	0	3	3
26/5/2549	0.4	T	0	0	0	0	0	0	0.4
27/5/2549	0	0	0	0	0	0	0	0	-
28/5/2549	0	0	0	0	0	0	0	0	-
29/5/2549	0	0	0	0	0	0	12.5	0.4	12.9
30/5/2549	0	0	0	0	0	3	0.5	0	3.5
31/5/2549	0	0	0	0	0	12	0	0.3	12.3
1/6/2549	0	0	0	0	0	0	T	0.7	0.7
2/6/2549	0.1	0.2	T	0	0	0	0	0	0.3
3/6/2549	0	0	0	0	T	0.1	0	0	0.1
4/6/2549	0	0	0	0	4.5	0	0	0	4.5
5/6/2549	0	0	0	0	0	0	0	0	-
6/6/2549	0	0	0	0	0	0	0	0	-
7/6/2549	0	0	0	0	0	13	11.6	0	24.6
8/6/2549	0	0	0	0	0	0	10.3	0	10.3
9/6/2549	0	T	0	0	0	13.5	0.1	0	13.6
10/6/2549	0	0	0	0	0	0	0	0	-
11/6/2549	0	0	0	0	0	0	0	0	-
12/6/2549	0	0	0	0	0	T	0	0	T
13/6/2549	0	0	0	0	0	0	0.1	0	0.1
14/6/2549	0	0	0	0	0	0	0	2.1	2.1
15/6/2549	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0.1
16/6/2549	0	0	0	0	0	0	0.6	0	0.6
17/6/2549	0	0	0	0	0	0	0	0	-
18/6/2549	0	0	0	0	0	10.5	62.8	9	82.3
19/6/2549	0	0	0	0	0.1	0	0.6	0.4	1.1
20/6/2549	0.5	T	0	0	T	0	0	T	0.5
21/6/2549	0	0	0	T	T	0	0	0	0
22/6/2549	0	0	0	0	0	0	0	0	-
23/6/2549	0	0	0	0	0	0	0	10	10
24/6/2549	0	0	0.2	0	0	0	0	0	0.2
25/6/2549	0	2.3	0.3	0.8	0	0	0	0	3.4
26/6/2549	0	0.5	3.1	0	0.6	T	0	0	4.2
27/6/2549	0	0	0	0	0	2.5	0	0.1	2.6

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ค-11 ข้อมูลปริมาณน้ำฝน ราย 3 ชั่วโมง ระหว่างเดือนมกราคมถึงเดือนกรกฎาคม 2549 ของจังหวัดที่ทำการศึกษา (กรมอุตุนิยมวิทยา, 2549) (ต่อ)

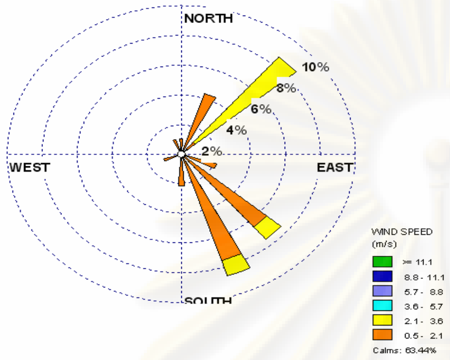
วันที่	เวลาที่ทำการตรวจวัด								รวม
	1:00	4:00	7:00	10:00	13:00	16:00	19:00	22:00	
28/6/2549	0	0	0	0	0	0	0	0	-
29/6/2549	T	T	T	0.2	1.1	0.2	0	0	1.5
30/6/2549	0	0	9.6	0.5	T	T	4.6	3.5	18.2
1/7/2549	0.7	T	0	0	T	T	3.9	4.8	9.4
2/7/2549	2.6	2.3	0	0	0	0	0.5	0.1	5.5
3/7/2549	0	0	0.5	0	0	0.4	0.4	0	1.3
4/7/2549	1.4	0	0.3	0.1	T	T	0	0	1.8
5/7/2549	0	0	0	0	0	0	0	0	-
6/7/2549	0	0	0	0	0	0	T	0	T
7/7/2549	0	0	0	0	0	0	0	0	-
8/7/2549	0	0	0	0	0	0	0.1	0	0.1
9/7/2549	0	0	0	0	0	0	0	0	-
10/7/2549	0	0	T	T	0	1	4.2	T	5.2
11/7/2549	0	0	0	0	0	0	0	0.3	0.3
12/7/2549	0	0	0	0	0	0	0	0	-
13/7/2549	0	0	0.4	0.8	0	0	0	0	1.2
14/7/2549	0	0	0	0	0	0	0	0	-
15/7/2549	0	0	0	0	0	0	0	0.4	0.4
16/7/2549	T	0	0	0	0	0	0	0	T
17/7/2549	0	0	0	0	0	T	0.7	0.6	1.3
18/7/2549	0	0	0.3	0.4	0	0	0	0	0.7
19/7/2549	0	0	0	0	T	0	33.2	11.6	44.8
20/7/2549	0.1	0	0	0	0	0	4.6	0	4.7
21/7/2549	0	0	0	0	0	5.1	0.3	0	5.4
22/7/2549	0	0.4	0	0	0	0.3	0	0	0.7
23/7/2549	0	0	0	0	0	0	0	0	-
24/7/2549	0	0	0	0	0	0	0	0	-
25/7/2549	0	0	0	0	0	0	0	0	-
26/7/2549	0	0	0	0	0	0	0	0	-
27/7/2549	0	0	0	0	T	0	0	0	T
28/7/2549	0	0	0	0	0	0	0	0	-
29/7/2549	0	0	0	0	0.1	0	0	0	0.1
30/7/2549	0	0	0	0	0	0	0	0	-
31/7/2549	0	0	0	0	0	T	0.1	T	0.1

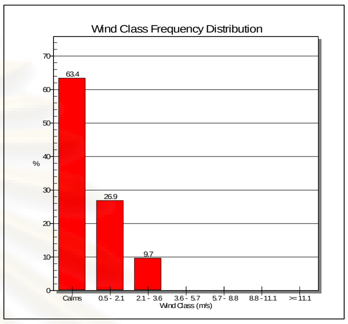
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาพที่ ค-1 แผนภูมิแสดงทิศทางและแผนภูมิแสดงความถี่ของความเร็วลม (ร้อยละ) จากจุดเก็บตัวอย่างโดยรอบโรงไฟฟ้าทั้ง 4 จุด ในช่วงฤดูแล้งและฤดูฝน

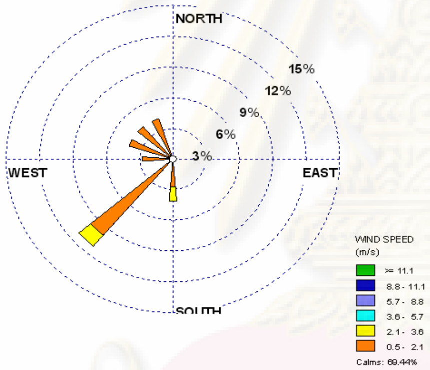
บริเวณโรงเรียนบ้านหนองสองห้อง

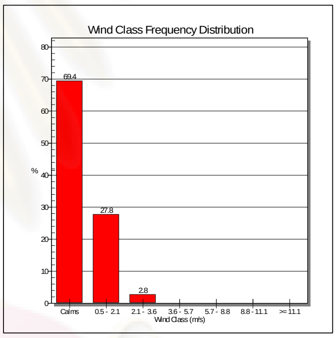
ฤดูแล้ง





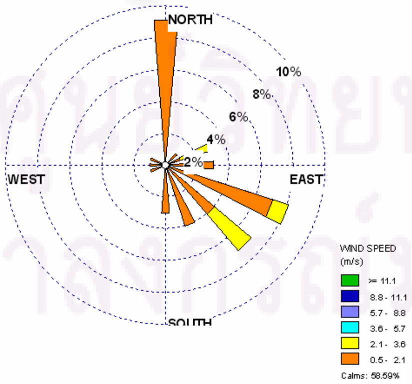
ฤดูฝน

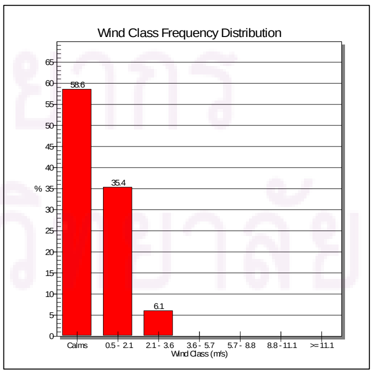




บริเวณองค์การบริหารส่วนตำบลดอนทราย

ฤดูแล้ง

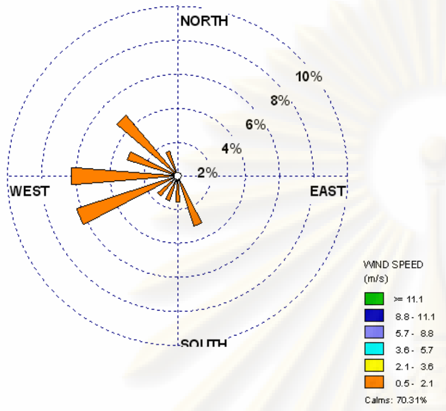


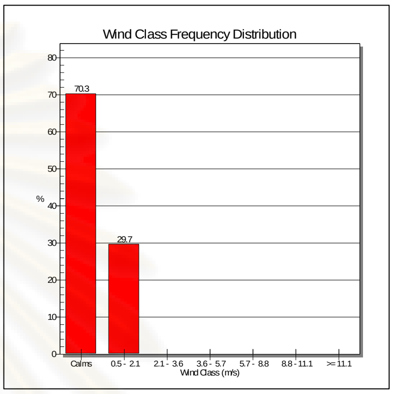


ภาพที่ ค-1 แผนภูมิแสดงทิศทางและแผนภูมิแสดงความถี่ของความเร็วลม (ร้อยละ) จากจุดเก็บตัวอย่างโดยรอบโรงไฟฟ้าทั้ง 4 จุด ในช่วงฤดูแล้งและฤดูฝน (ต่อ)

บริเวณองค์การบริหารส่วนตำบลดอนทราย

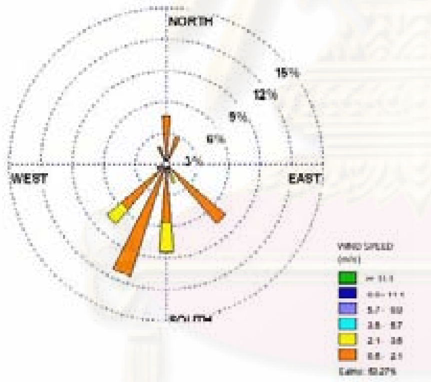
ฤดูฝน

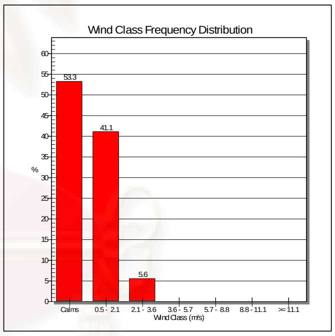




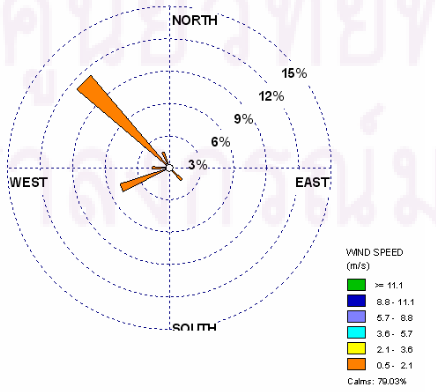
บริเวณโรงเรียนบ้านไร่ชาวเหนือ

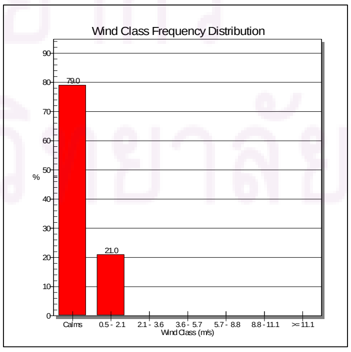
ฤดูแล้ง





ฤดูฝน



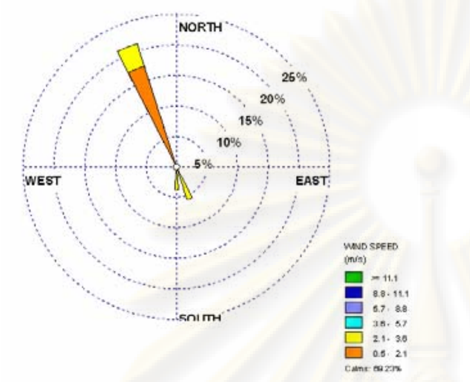


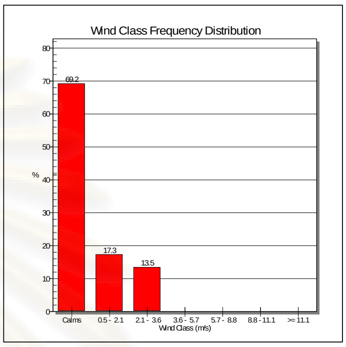
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาพที่ ค-1 แผนภูมิแสดงทิศทางและแผนภูมิแสดงความถี่ของความเร็วลม (ร้อยละ) จากจุดเก็บตัวอย่างโดยรอบโรงไฟฟ้าทั้ง 4 จุด ในช่วงฤดูแล้งและฤดูฝน (ต่อ)

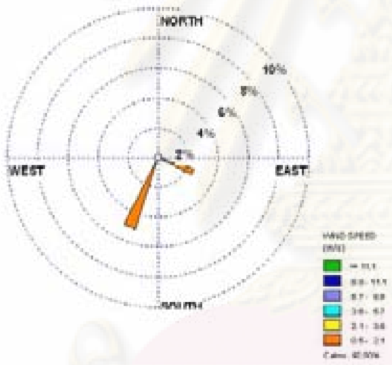
บริเวณองค์การบริหารส่วนตำบลคูบัว

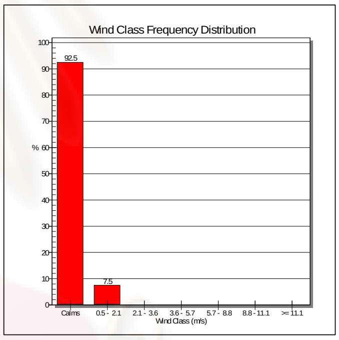
ฤดูแล้ง





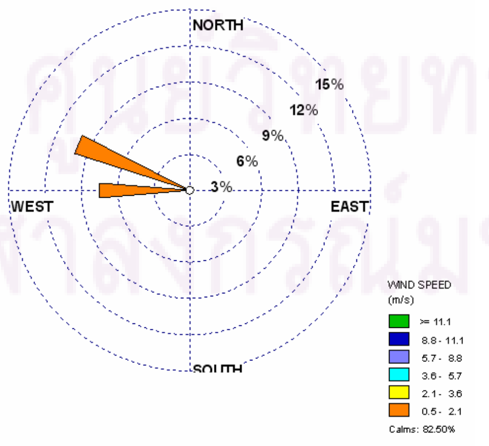
ฤดูฝน

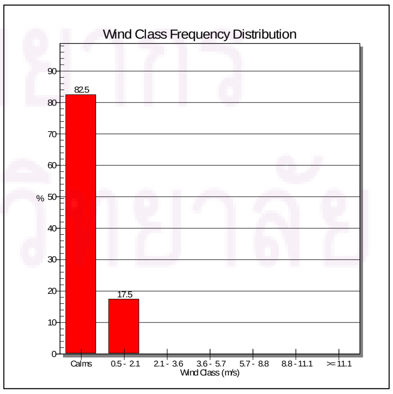




บริเวณโรงเรียนวัดอมรญาติสมาคม

ฤดูฝน

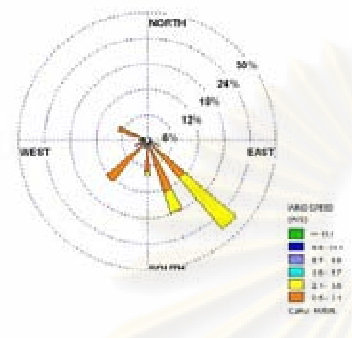


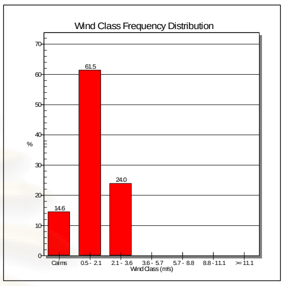


ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

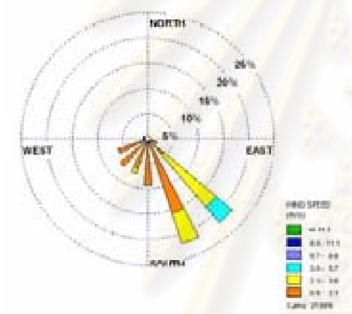
ภาพที่ ค-2 แผนภูมิแสดงทิศทางและแผนภูมิแสดงความถี่ของความเร็วลม (ร้อยละ) จากสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศแบบต่อเนื่องของโรงไฟฟ้าทั้ง 4 จุด ในช่วงฤดูแล้ง

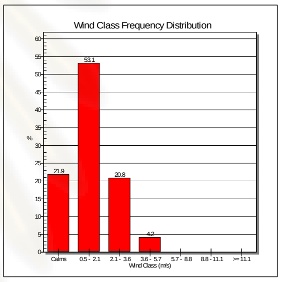
บริเวณวัดนักบุญอันตนนีโอ



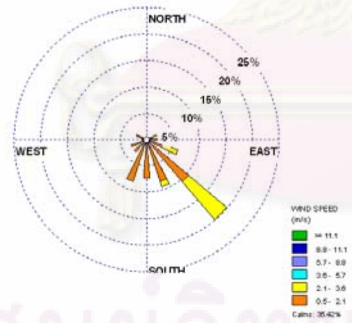


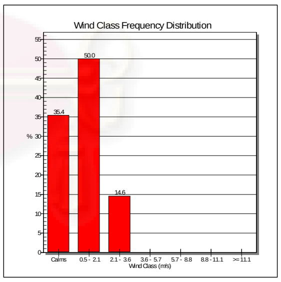
บริเวณวัดบางกระโด



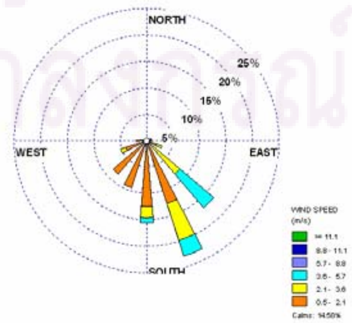


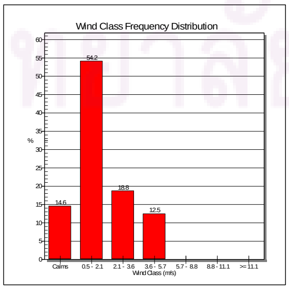
บริเวณวัดโพธิ์ราษฎร์บูรณะ





บริเวณวัดชาวเหนือ

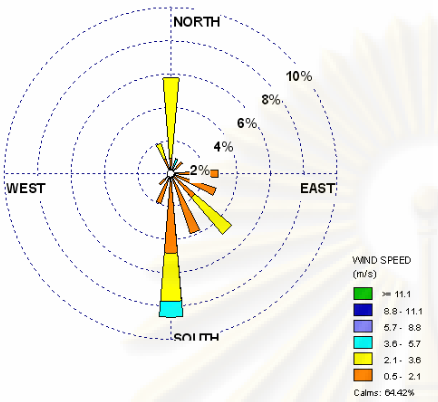


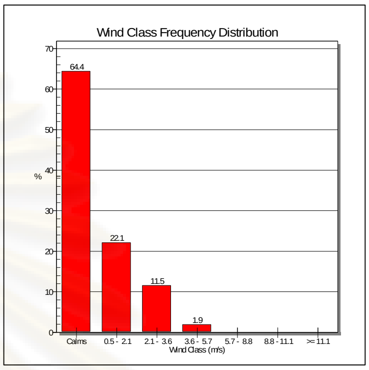


ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

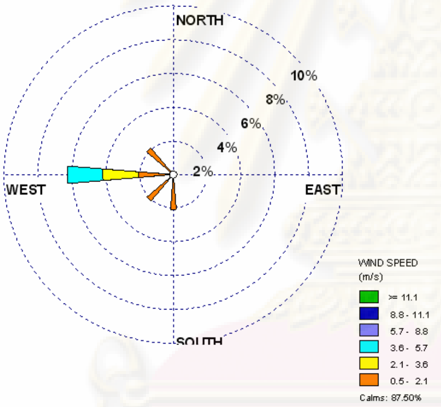
ภาพที่ ค-3 แผนภูมิแสดงทิศทางและแผนภูมิแสดงความถี่ของความเร็วลม (ร้อยละ) ของจังหวัดที่ทำการศึกษา ในช่วงฤดูแล้งและฤดูฝน (กรมอุตุนิยมวิทยา, 2549)

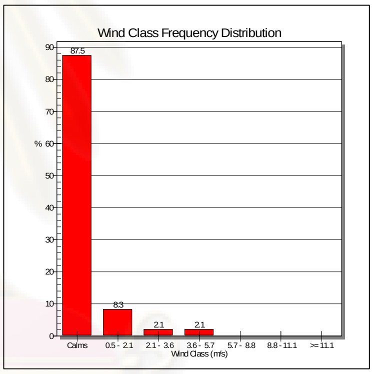
ฤดูแล้ง





ฤดูฝน





ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ง

ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ง-1 การวิเคราะห์ความแตกต่างความเข้มข้นเฉลี่ยของฝุ่น PM_{10} ในบรรยากาศ จากจุดเก็บตัวอย่างโดยรอบโรงไฟฟ้าทั้ง 5 จุด

Descriptives

Site	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
1	8	37.7988	23.63008	8.35449	18.0435	57.5540	18.01	79.27
2	8	41.1875	19.87391	7.02649	24.5725	57.8025	23.70	72.63
3	8	31.4788	17.31301	6.12107	17.0047	45.9528	19.19	70.09
4	6	34.8100	13.98607	5.70979	20.1325	49.4875	25.35	61.42
5	3	22.7800	2.79727	1.61500	15.8312	29.7288	19.55	24.40
Total	33	35.1794	18.26937	3.18029	28.7014	41.6574	18.01	79.27

ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	915.279	4	228.820	.656	.628
Within Groups	9765.352	28	348.763		
Total	10680.631	32			

หมายเหตุ: Site 1 คือ โรงเรียนบ้านหนองสองห้อง Site 2 คือ องค์การบริหารส่วนตำบลดอนทราย

Site 3 คือ โรงเรียนบ้านไร่ชาวเหนือ Site 4 คือ องค์การบริหารส่วนตำบลคูบัว

Site 5 คือ โรงเรียนวัดอมรญาติสมาคม

ตารางที่ ง-2 การวิเคราะห์ความแตกต่างความเข้มข้นเฉลี่ยของฝุ่น PM_{10} ในบรรยากาศจากสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศแบบต่อเนื่องของโรงไฟฟ้าทั้ง 4 จุด

Descriptives

Site	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
1	4	30.680000	3.9057650	1.9528825	24.465056	36.894944	25.0400	34.0500
2	4	34.325000	3.1449907	1.5724954	29.320618	39.329382	30.7900	37.5000
3	4	34.262500	6.5787758	3.2893879	23.794200	44.730800	26.9200	42.4600
4	4	30.762500	6.5907277	3.2953639	20.275181	41.249819	21.1700	36.2100
Total	16	32.507500	5.0771665	1.2692916	29.802069	35.212931	21.1700	42.4600

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ง-2 การวิเคราะห์ความแตกต่างความเข้มข้นเฉลี่ยของฝุ่น PM_{10} ในบรรยากาศจากสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศแบบต่อเนื่องของโรงไฟฟ้าทั้ง 4 จุด (ต่อ)

ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	51.072	3	17.024	.609	.622
Within Groups	335.592	12	27.966		
Total	386.664	15			

หมายเหตุ: Site 1 คือ วัดนักบุญอันตนนีโอ Site 2 คือ วัดบางกระโด
Site 3 คือ วัดโพธิ์ราษฎร์บูรณะ Site 4 คือ วัดชาวเหนือ

ตารางที่ ง-3 การวิเคราะห์ความแตกต่างความเข้มข้นเฉลี่ยของฝุ่น PM_{10} ในบรรยากาศระหว่างฤดูแล้งและฤดูฝน บริเวณโรงเรียนบ้านหนองสองห้อง

Group Statistics

	SEASON	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
PM10	Dry	5	49.311800	23.1322471	10.3450554
	Wet	3	18.613367	.9553328	.5515616

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
									95% Confidence Interval of the Difference	
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	Lower	Upper
PM10	Equal variances assumed	28.536	.002	2.225	6	.068	30.698433	13.7992874	-3.0672065	64.464073 2
	Equal variances not assumed			2.963	4.023	.041	30.698433	10.3597486	1.9990828	59.397783 9

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ง-4 การวิเคราะห์ความแตกต่างความเข้มข้นเฉลี่ยของฝุ่น PM_{10} ในบรรยากาศ ระหว่างฤดูแล้งและฤดูฝน บริเวณองค์การบริหารส่วนตำบลดอนทราย

Group Statistics

	SEASON	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
PM10	Dry	5	50.446940	20.1209812	8.9983763
	Wet	3	25.753667	1.0545303	.6088333

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
									Lower	Upper
PM10	Equal variances assumed	6.559	.043	2.057	6	.085	24.693273	12.0060711	-4.6845242	54.0710709
	Equal variances not assumed			2.738	4.037	.052	24.693273	9.0189497	-.2582069	49.6447535

ตารางที่ ง-5 การวิเคราะห์ความแตกต่างความเข้มข้นเฉลี่ยของฝุ่น PM_{10} ในบรรยากาศ ระหว่างฤดูแล้งและฤดูฝน บริเวณโรงเรียนบ้านไร่ซาวเหนือ

Group Statistics

	SEASON	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
PM10	Dry	5	37.109920	20.3904551	9.1188887
	Wet	3	22.097900	2.5156306	1.4524000

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
									Lower	Upper
PM10	Equal variances assumed	5.438	.058	1.230	6	.265	15.012020	12.2046965	-14.8517965	44.8758365
	Equal variances not assumed			1.626	4.200	.176	15.012020	9.2338290	-10.1505831	40.1746231

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ง-6 การวิเคราะห์ความแตกต่างความเข้มข้นเฉลี่ยของฝุ่น PM_{10} ในบรรยากาศ ระหว่างฤดูแล้งและฤดูฝน บริเวณองค์การบริหารส่วนตำบลคูบัว

Group Statistics

	SEASON	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
PM10	Dry	3	42.329567	17.7880649	10.2699440
	Wet	3	27.287500	1.6821677	.9712000

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
									Lower	Upper
PM10	Equal variances assumed	5.306	.083	1.458	4	.219	15.042067	10.3157637	-13.5990849	43.6832182
	Equal variances not assumed			1.458	2.036	.280	15.042067	10.3157637	-28.6040631	58.6881964

ตารางที่ ง-7 การวิเคราะห์ความแตกต่างความเข้มข้นเฉลี่ยของฝุ่น PM_{10} ในบรรยากาศ ช่วงฤดูแล้งจากจุดเก็บตัวอย่างโดยรอบโรงไฟฟ้าทั้ง 4 จุด

Descriptives

Site	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
1	5	49.311800	23.1322471	10.3450554	20.589322	78.034278	30.2581	79.2744
2	4	57.134650	15.5446264	7.7723132	32.399681	81.869619	39.7761	72.6329
3	4	40.442300	21.9164132	10.9582066	5.568396	75.316204	22.4785	70.0915
4	3	42.329567	17.7880649	10.2699440	-1.858436	86.517569	26.2148	61.4165
Total	16	47.740969	19.3310843	4.8327711	37.440161	58.041776	22.4785	79.2744

ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	666.235	3	222.078	.540	.664
Within Groups	4939.128	12	411.594		
Total	5605.362	15			

หมายเหตุ: Site 1 คือ โรงเรียนบ้านหนองสองห้อง Site 2 คือ องค์การบริหารส่วนตำบลดอนทราย

Site 3 คือ โรงเรียนบ้านไร่ชาวเหนือ Site 4 คือ องค์การบริหารส่วนตำบลคูบัว

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ง-8 การวิเคราะห์ความแตกต่างความเข้มข้นเฉลี่ยของฝุ่น PM_{10} ในบรรยากาศ ช่วงฤดูฝน จากจุดเก็บตัวอย่างโดยรอบโรงไฟฟ้าทั้ง 5 จุด

Descriptives

Site	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
1	3	18.613367	.9553328	.5515616	16.240189	20.986545	18.0083	19.7147
2	3	25.753667	1.0545303	.6088333	23.134068	28.373265	24.5360	26.3625
3	3	22.097900	2.5156306	1.4524000	15.848727	28.347073	19.1931	23.5503
4	3	27.287500	1.6821677	.9712000	23.108764	31.466236	25.3451	28.2587
5	3	22.779400	2.7996876	1.6164004	15.824590	29.734210	19.5466	24.3978
Total	15	23.306367	3.5339695	.9124670	21.349320	25.263414	18.0083	28.2587

ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	136.803	4	34.201	8.990	.002
Within Groups	38.042	10	3.804		
Total	174.845	14			

Multiple Comparisons

(I) SITE	(J) SITE	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
1	2	-7.140300(*)	1.5925255	.001	-10.688668	-3.591932
	3	-3.484533	1.5925255	.054	-7.032901	.063835
	4	-8.674133(*)	1.5925255	.000	-12.222501	-5.125765
	5	-4.166033(*)	1.5925255	.026	-7.714401	-.617665
2	1	7.140300(*)	1.5925255	.001	3.591932	10.688668
	3	3.655767(*)	1.5925255	.045	.107399	7.204135
	4	-1.533833	1.5925255	.358	-5.082201	2.014535
	5	2.974267	1.5925255	.091	-.574101	6.522635
3	1	3.484533	1.5925255	.054	-.063835	7.032901
	2	-3.655767(*)	1.5925255	.045	-7.204135	-.107399
	4	-5.189600(*)	1.5925255	.009	-8.737968	-1.641232
	5	-.681500	1.5925255	.678	-4.229868	2.866868
4	1	8.674133(*)	1.5925255	.000	5.125765	12.222501
	2	1.533833	1.5925255	.358	-2.014535	5.082201
	3	5.189600(*)	1.5925255	.009	1.641232	8.737968
	5	4.508100(*)	1.5925255	.018	.959732	8.056468
5	1	4.166033(*)	1.5925255	.026	.617665	7.714401
	2	-2.974267	1.5925255	.091	-6.522635	.574101
	3	.681500	1.5925255	.678	-2.866868	4.229868
	4	-4.508100(*)	1.5925255	.018	-8.056468	-.959732

* The mean difference is significant at the .05 level.

หมายเหตุ: Site 1 คือ โรงเรียนบ้านหนองสองห้อง Site 2 คือ องค์การบริหารส่วนตำบลดอนทราย

Site 3 คือ โรงเรียนบ้านไร่ชาวเหนือ Site 4 คือ องค์การบริหารส่วนตำบลคูบัว

ศูนย์วิทยทรัพยากร จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Site 5 คือ โรงเรียนวัดอมรญาติสมาคม

ตารางที่ ง-9 การวิเคราะห์ความแตกต่างความเข้มข้นเฉลี่ยของฝุ่น PM_{10} ในบรรยากาศบริเวณองค์การบริหารส่วนตำบลดอนทรายและวัดบางกระโด ในช่วงฤดูแล้ง

Group Statistics

	SITE	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
PM10	Dons	2	48.166450	34.6007854	24.4664500
	Bang	4	34.325000	3.1449907	1.5724954

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
									Lower	Upper
PM10	Equal variances assumed	1097.669	.000	.913	4	.413	13.841450	15.1671144	-28.2692106	55.9521106
	Equal variances not assumed			.565	1.008	.672	13.841450	24.5169312	-291.6999803	319.3828803

หมายเหตุ: Dons คือ องค์การบริหารส่วนตำบลดอนทราย และ Bang คือ วัดบางกระโด

ตารางที่ ง-10 การวิเคราะห์ความแตกต่างความเข้มข้นเฉลี่ยของฝุ่น PM_{10} ในบรรยากาศบริเวณโรงเรียนบ้านไร่ชาวเหนือและวัดชาวเหนือ ในช่วงฤดูแล้ง

Group Statistics

	SITE	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
PM10	Banr	2	33.810000	14.1845620	10.0300000
	Chaw	4	30.762500	6.5907277	3.2953639

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
									Lower	Upper
PM10	Equal variances assumed	3.815	.123	.387	4	.719	3.047500	7.8841004	-18.8422720	24.9372720
	Equal variances not assumed			.289	1.223	.814	3.047500	10.5574771	-85.1370149	91.2320149

หมายเหตุ: Banr คือ โรงเรียนบ้านไร่ชาวเหนือ และ Chaw คือ วัดชาวเหนือ

ตารางที่ ง-11 การวิเคราะห์ความแตกต่างความเข้มข้นเฉลี่ยของฝุ่น PM_{10} ในบรรยากาศบริเวณองค์การบริหารส่วนตำบลคูบัวและวัดโพธิ์ราษฎร์บูรณะ ในช่วงฤดูแล้ง

Group Statistics

	SITE	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
PM10	Kubu	2	32.786100	9.2932216	6.5713000
	Pora	4	34.262500	6.5787758	3.2893879

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
									Lower	Upper
PM10	Equal variances assumed	.441	.543	-.232	4	.828	-1.476400	6.3669779	-19.1539647	16.2011647
	Equal variances not assumed			-.201	1.532	.864	-1.476400	7.3486092	-44.4251848	41.4723848

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ง-12 การวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ของแหล่งกำเนิดและแหล่งรับมลพิษของสารประกอบพีเอเอชในพื้นที่ศึกษา

Correlations

		NG+HO	NG	LDDV	HDDV	LDGV	2-Strocks	4-Strocks	Soil dust	Biomass	Site A	Site B	Site C	Site D	Site E	Site F	Site G	Site H	Site I
NG+HO	Pearson Correlation	1	.809**	.091	-.392	.139	-.201	.618*	-.126	-.169	.810**	.768**	.816**	.767**	.806**	.569*	.906**	.867**	.386
	Sig. (2-tailed)	.	.000	.739	.134	.609	.456	.011	.641	.530	.000	.001	.000	.001	.000	.021	.000	.000	.140
	N	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16
NG	Pearson Correlation	.809**	1	.259	-.325	-.063	-.137	.792**	.081	.061	.928**	.927**	.961**	.905**	.931**	.498*	.856**	.846**	.191
	Sig. (2-tailed)	.000	.	.333	.219	.816	.612	.000	.766	.823	.000	.000	.000	.000	.000	.050	.000	.000	.478
	N	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16
LDDV	Pearson Correlation	.091	.259	1	.403	.245	.555*	.520*	.439	-.183	.360	.360	.312	.334	.387	.302	.242	.405	.222
	Sig. (2-tailed)	.739	.333	.	.121	.361	.026	.039	.089	.499	.170	.170	.239	.205	.139	.256	.367	.119	.408
	N	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16
HDDV	Pearson Correlation	-.392	-.325	.403	1	-.426	.521*	-.271	.287	-.095	-.369	-.381	-.387	-.430	-.331	-.386	-.424	-.344	-.311
	Sig. (2-tailed)	.134	.219	.121	.	.100	.038	.311	.282	.726	.159	.146	.138	.097	.211	.140	.102	.192	.241
	N	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16
LDGV	Pearson Correlation	.139	-.063	.245	-.426	1	-.162	.414	-.124	-.342	.250	.239	.153	.276	.237	.547*	.224	.390	.689**
	Sig. (2-tailed)	.609	.816	.361	.100	.	.549	.111	.647	.194	.351	.373	.571	.302	.377	.028	.405	.135	.003
	N	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16
2-Strocks	Pearson Correlation	-.201	-.137	.555*	.521*	-.162	1	.016	.428	-.064	-.121	-.126	-.143	-.160	-.105	-.148	-.255	-.134	-.089
	Sig. (2-tailed)	.456	.612	.026	.038	.549	.	.953	.098	.814	.655	.642	.598	.554	.699	.584	.340	.621	.744
	N	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16
4-Strocks	Pearson Correlation	.618*	.792**	.520*	-.271	.414	.016	1	.144	-.141	.933**	.937**	.894**	.921**	.936**	.683**	.729**	.896**	.510*
	Sig. (2-tailed)	.011	.000	.039	.311	.111	.953	.	.596	.602	.000	.000	.000	.000	.000	.004	.001	.000	.043
	N	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16
Soil dust	Pearson Correlation	-.126	.081	.439	.287	-.124	.428	.144	1	.725**	-.009	-.009	-.002	-.057	.031	.036	-.135	.078	.081
	Sig. (2-tailed)	.641	.766	.089	.282	.647	.098	.596	.	.001	.975	.973	.994	.833	.908	.895	.619	.775	.766
	N	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16
Biomass	Pearson Correlation	-.169	.061	-.183	-.095	-.342	-.064	-.141	.725**	1	-.143	-.133	-.079	-.153	-.131	-.112	-.159	-.130	-.111
	Sig. (2-tailed)	.530	.823	.499	.726	.194	.814	.602	.001	.	.596	.624	.770	.571	.628	.680	.558	.631	.682
	N	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16
Site A	Pearson Correlation	.810**	.928**	.360	-.369	.250	-.121	.933**	-.009	-.143	1	.996**	.992**	.989**	.993**	.643**	.902**	.942**	.398
	Sig. (2-tailed)	.000	.000	.170	.159	.351	.655	.000	.975	.596	.	.000	.000	.000	.000	.007	.000	.000	.126
	N	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16
Site B	Pearson Correlation	.768**	.927**	.360	-.381	.239	-.126	.937**	-.009	-.133	.996**	1	.991**	.994**	.991**	.620*	.877**	.921**	.365
	Sig. (2-tailed)	.001	.000	.170	.146	.373	.642	.000	.973	.624	.000	.	.000	.000	.000	.010	.000	.000	.164
	N	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16
Site C	Pearson Correlation	.816**	.961**	.312	-.387	.153	-.143	.894**	-.002	-.079	.992**	.991**	1	.985**	.984**	.607*	.909**	.918**	.334
	Sig. (2-tailed)	.000	.000	.239	.138	.571	.598	.000	.994	.770	.000	.000	.	.000	.000	.013	.000	.000	.206
	N	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16
Site D	Pearson Correlation	.767**	.905**	.334	-.430	.276	-.160	.921**	-.057	-.153	.989**	.994**	.985**	1	.977**	.640**	.893**	.916**	.386
	Sig. (2-tailed)	.001	.000	.205	.097	.302	.554	.000	.833	.571	.000	.000	.000	.	.000	.008	.000	.000	.139
	N	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16
Site E	Pearson Correlation	.806**	.931**	.387	-.331	.237	-.105	.936**	.031	-.131	.993**	.991**	.984**	.977**	1	.603*	.875**	.948**	.365
	Sig. (2-tailed)	.000	.000	.139	.211	.377	.699	.000	.908	.628	.000	.000	.000	.000	.	.013	.000	.000	.164
	N	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16
Site F	Pearson Correlation	.569*	.498*	.302	-.386	.547*	-.148	.683**	.036	-.112	.643**	.620*	.607*	.640**	.603*	1	.649**	.746**	.925**
	Sig. (2-tailed)	.021	.050	.256	.140	.028	.584	.004	.895	.680	.007	.010	.013	.008	.013	.	.007	.001	.000
	N	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16
Site G	Pearson Correlation	.906**	.856**	.242	-.424	.224	-.255	.729**	-.135	-.159	.902**	.877**	.909**	.893**	.875**	.649**	1	.896**	.403
	Sig. (2-tailed)	.000	.000	.367	.102	.405	.340	.001	.619	.558	.000	.000	.000	.000	.000	.007	.	.000	.122
	N	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16
Site H	Pearson Correlation	.867**	.846**	.405	-.344	.390	-.134	.896**	.078	-.130	.942**	.921**	.918**	.916**	.948**	.746**	.896**	1	.574*
	Sig. (2-tailed)	.000	.000	.119	.192	.135	.621	.000	.775	.631	.000	.000	.000	.000	.000	.001	.000	.	.020
	N	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16
Site I	Pearson Correlation	.386	.191	.222	-.311	.689**	-.089	.510*	.081	-.111	.398	.365	.334	.386	.365	.925**	.403	.574*	1
	Sig. (2-tailed)	.140	.478	.408	.241	.003	.744	.043	.766	.682	.126	.164	.206	.139	.164	.000	.122	.020	.
	N	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16

**. Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

*. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

ภาคผนวก จ

ผลการวิเคราะห์หาสัดส่วนแหล่งกำเนิดของสารประกอบพีเอเอช ด้วยแบบจำลองดุลยภาพมวลเคมี (CMB 8.2)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ จ-1 ผลการวิเคราะห์สัดส่วนแหล่งกำเนิดของสารประกอบพีเอเอชจากบริเวณโรงเรียนบ้าน-หนองสองห้อง (ฤดูแล้ง) ด้วยแบบจำลองดุลยภาพมวลเคมี 8.2

```
                    Chemical Mass Balance Version EPA-CMB8.2
                         Report Date: 5/13/2009

SAMPLE:                        OPTIONS:                           INPUT FILES:

SITE:          BNSH            BRITT & LUECKE:          No        INrbrt13-cvs.in
SAMPLE DATE:   05/23/06        SOURCE ELIMINATION:      No           PRrbrt13.sel
DURATION:      24              BEST FIT:                No           SPrbrt13.sel
START HOUR:    0                                                     ADrbrt13.sel
SIZE:          COARSE                                                ADrbrt13.csv
                                                                     PRrbrt13.csv
Species Array: 1
Sources Array: 1

FITTING STATISTICS:

       R SQUARE      0.98                    % MASS       31.1
     CHI SQUARE      2.03             DEGREES FREEDOM         5


SOURCE CONTRIBUTION ESTIMATES:

SOURCE
EST CODE   NAME     SCE(ng/m3) Std Err      Tstat
---------------------------------------------------
YES RBR008 NATG        4.51889    0.38765   11.65707
YES RBR009 NGHO        4.50239    0.73039    6.16438
YES RBR017 BIOM        0.40787    0.12643    3.22608

---------------------------------------------------
                      9.42915

MEASURED CONCENTRATION FOR SIZE: COARSE
      30.4+-     4.6

                   Eligible Space Collinearity Display
================================================================================
ELIGIBLE SPACE DIM. =   3 FOR MAX. UNC. =  4.55477  (15.% OF TOTAL MEAS. MASS)

1 / Singular Value
--------------------------------------------------------------------------------
 0.11090   0.33654   0.75774
--------------------------------------------------------------------------------

NUMBER ESTIMABLE SOURCES =   3 FOR MIN. PROJ. =  0.95
 PROJ. SOURCE   PROJ. SOURCE   PROJ. SOURCE   PROJ. SOURCE   PROJ. SOURCE
--------------------------------------------------------------------------------
1.0000 RBR008  1.0000 RBR009  1.0000 RBR017
--------------------------------------------------------------------------------

ESTIMABLE LINEAR COMBINATIONS OF INESTIMABLE SOURCES
COEFF. SOURCE  COEFF. SOURCE  COEFF. SOURCE  COEFF. SOURCE   SCE        Std Err
--------------------------------------------------------------------------------
================================================================================

SPECIES CONCENTRATIONS:
                                                          CALCULATED    RESIDUAL
                                                          ----------  -----------
SPECIES      FIT    MEASURED        CALCULATED             MEASURED   UNCERTAINTY
--------------------------------------------------------------------------------

PAHC   PAHU      30.36510+- 4.55477   9.42915+- 0.63489   0.31+- 0.05    -4.6
NAPC   NAPU   *   0.82454+- 0.08245   0.80710+- 0.05376   0.98+- 0.12    -0.2
ACYC   ACYU   *   0.06150+- 0.00615   0.06248+- 0.00081   1.02+- 0.10     0.2
ACEC   ACEU   *   0.10895+- 0.01089   0.09387+- 0.00864   0.86+- 0.12    -1.1
FLUC   FLUU   *   0.12684+- 0.01268   0.15682+- 0.01346   1.24+- 0.16     1.6
PHEC   PHEU   *   0.74542+- 0.07454   0.63414+- 0.04378   0.85+- 0.10    -1.3
ANTC   ANTU   *   0.19942+- 0.01994   0.22688+- 0.01649   1.14+- 0.14     1.1
FLOC   FLOU       0.84872+- 0.08487   0.16997+- 0.01169   0.20+- 0.02    -7.9
PYRC   PYRU       0.61285+- 0.06128   0.19247+- 0.01443   0.31+- 0.04    -6.7
BAAC   BAAU       0.70740+- 0.07074   0.12429+- 0.01114   0.18+- 0.02    -8.1
CHRC   CHRU       0.78014+- 0.07801   0.10851+- 0.00874   0.14+- 0.02    -8.6
BBFC   BBFU       5.03193+- 0.50319   0.19085+- 0.01381   0.04+- 0.00    -9.6
BKFC   BKFU       4.67081+- 0.46708   0.34646+- 0.02680   0.07+- 0.01    -9.2
BAPC   BAPU       6.79374+- 1.01906   0.28932+- 0.02081   0.04+- 0.01    -6.4
DBAC   DBAU   *   4.72885+- 0.94577   2.88277+- 0.30864   0.61+- 0.14    -1.9
INDC   INDU   *   0.71522+- 0.14304   0.67355+- 0.07796   0.94+- 0.22    -0.3
BGHC   BGHU       3.40879+- 0.68176   0.78423+- 0.10273   0.23+- 0.06    -3.8
--------------------------------------------------------------------------------
```

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ จ-2 ผลการวิเคราะห์สัดส่วนแหล่งกำเนิดของสารประกอบพีเอเอชจากบริเวณโรงเรียนบ้าน-หนองสองห้อง (ฤดูฝน) ด้วยแบบจำลองดุลยภาพมวลเคมี 8.2

```
                    Chemical Mass Balance Version EPA-CMB8.2
                             Report Date: 5/13/2009

SAMPLE:                       OPTIONS:                           INPUT FILES:

SITE:          BNSH           BRITT & LUECKE:         No         INrbrt13-cvs.in
SAMPLE DATE:   07/20/06       SOURCE ELIMINATION:     No            PRrbrt13.sel
DURATION:      24             BEST FIT:               No            SPrbrt13.sel
START HOUR:    0                                                    ADrbrt13.sel
SIZE:          COARSE                                               ADrbrt13.csv
                                                                    PRrbrt13.csv
Species Array: 1
Sources Array: 1

FITTING STATISTICS:

       R SQUARE      0.99                      % MASS        7.5
     CHI SQUARE      1.70             DEGREES FREEDOM          3


SOURCE CONTRIBUTION ESTIMATES:

SOURCE
EST CODE   NAME     SCE(ng/m3)    Std Err      Tstat
----------------------------------------------------
YES RBR003 LDGV        0.19113    0.07391    2.58583
YES RBR004 2-MC        0.11396    0.02378    4.79106
YES RBR008 NATG        1.74928    0.19757    8.85392

----------------------------------------------------
                      2.05437

MEASURED CONCENTRATION FOR SIZE: COARSE
      27.5+-     4.1

                   Eligible Space Collinearity Display
================================================================================
ELIGIBLE SPACE DIM. =   3 FOR MAX. UNC. =  4.12938  (15.% OF TOTAL MEAS. MASS)

1 / Singular Value
--------------------------------------------------------------------------------
 0.01886   0.05943   0.20292
--------------------------------------------------------------------------------

NUMBER ESTIMABLE SOURCES =   3 FOR MIN. PROJ. =  0.95
 PROJ. SOURCE   PROJ. SOURCE   PROJ. SOURCE   PROJ. SOURCE   PROJ. SOURCE
--------------------------------------------------------------------------------
1.0000 RBR003  1.0000 RBR004  1.0000 RBR008
--------------------------------------------------------------------------------

ESTIMABLE LINEAR COMBINATIONS OF INESTIMABLE SOURCES
COEFF. SOURCE  COEFF. SOURCE  COEFF. SOURCE  COEFF. SOURCE   SCE        Std Err
--------------------------------------------------------------------------------
================================================================================

SPECIES CONCENTRATIONS:
                                                            CALCULATED    RESIDUAL
                                                            ----------  ----------
SPECIES      FIT      MEASURED          CALCULATED           MEASURED  UNCERTAINTY
--------------------------------------------------------------------------------

PAHC   PAHU      27.52920+- 4.12938   2.05437+- 0.15698   0.07+- 0.01    -6.2
NAPC   NAPU   *   0.16201+- 0.01620   0.16297+- 0.01571   1.01+- 0.14     0.0
ACYC   ACYU   *   0.07489+- 0.00749   0.06703+- 0.00416   0.90+- 0.11    -0.9
ACEC   ACEU       0.06741+- 0.00674   0.03636+- 0.00335   0.54+- 0.07    -4.1
FLUC   FLUU       0.02204+- 0.00220   0.07325+- 0.00542   3.32+- 0.41     8.8
PHEC   PHEU   *   0.13858+- 0.01386   0.14122+- 0.01228   1.02+- 0.14     0.1
ANTC   ANTU       0.01810+- 0.00181   0.03736+- 0.00282   2.06+- 0.26     5.7
FLOC   FLOU   *   0.04336+- 0.00434   0.04977+- 0.00299   1.15+- 0.13     1.2
PYRC   PYRU   *   0.03362+- 0.00336   0.03604+- 0.00235   1.07+- 0.13     0.6
BAAC   BAAU       0.08163+- 0.00816   0.06082+- 0.00454   0.75+- 0.09    -2.2
CHRC   CHRU   *   0.05945+- 0.00594   0.04866+- 0.00361   0.82+- 0.10    -1.6
BBFC   BBFU       0.16101+- 0.01610   0.04762+- 0.00334   0.30+- 0.04    -6.9
BKFC   BKFU       0.38204+- 0.03820   0.05455+- 0.00408   0.14+- 0.02    -8.5
BAPC   BAPU       1.04629+- 0.15694   0.08763+- 0.00692   0.08+- 0.01    -6.1
DBAC   DBAU      13.08530+- 2.61707   0.65053+- 0.09543   0.05+- 0.01    -4.7
INDC   INDU       4.17138+- 0.83428   0.18818+- 0.02810   0.05+- 0.01    -4.8
BGHC   BGHU       7.98208+- 1.59642   0.26870+- 0.03928   0.03+- 0.01    -4.8
--------------------------------------------------------------------------------
```

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ จ-3 ผลการวิเคราะห์สัดส่วนแหล่งกำเนิดของสารประกอบพีเอเอชจากบริเวณองค์การบริหารส่วนตำบลดอนทราย (ฤดูแล้ง) ด้วยแบบจำลองดุลยภาพมวลเคมี 8.2

Chemical Mass Balance Version EPA-CMB8.2
Report Date: 5/13/2009

SAMPLE:		OPTIONS:		INPUT FILES:
SITE:	DONS	BRITT & LUECKE:	No	INrbrt13-cvs.in
SAMPLE DATE:	05/23/06	SOURCE ELIMINATION:	No	PRrbrt13.sel
DURATION:	24	BEST FIT:	No	SPrbrt13.sel
START HOUR:	0			ADrbrt13.sel
SIZE:	COARSE			ADrbrt13.csv
				PRrbrt13.csv

Species Array: 1
Sources Array: 1

FITTING STATISTICS:

R SQUARE	1.00	% MASS	19.8
CHI SQUARE	0.00	DEGREES FREEDOM	0

SOURCE CONTRIBUTION ESTIMATES:

SOURCE EST	CODE	NAME	SCE(ng/m³)	Std Err	Tstat
YES	RBR008	NATG	1.53607	0.33756	4.55047
YES	RBR009	NGHO	4.22635	0.78742	5.36736
YES	RBR017	BIOM	1.59984	0.25724	6.21928
			7.36226		

MEASURED CONCENTRATION FOR SIZE: COARSE
37.2+- 5.6

Eligible Space Collinearity Display

ELIGIBLE SPACE DIM. = 3 FOR MAX. UNC. = 5.58329 (15.% OF TOTAL MEAS. MASS)

1 / Singular Value

0.19738 0.35443 0.79723

NUMBER ESTIMABLE SOURCES = 3 FOR MIN. PROJ. = 0.95

PROJ.	SOURCE	PROJ.	SOURCE	PROJ.	SOURCE	PROJ.	SOURCE	PROJ.	SOURCE
1.0000	RBR008	1.0000	RBR009	1.0000	RBR017				

ESTIMABLE LINEAR COMBINATIONS OF INESTIMABLE SOURCES

COEFF.	SOURCE	COEFF.	SOURCE	COEFF.	SOURCE	COEFF.	SOURCE	SCE	Std Err

SPECIES CONCENTRATIONS:

SPECIES		FIT	MEASURED	CALCULATED	CALCULATED / MEASURED	RESIDUAL / UNCERTAINTY
PAHC	PAHU		37.22190+- 5.58328	7.36226+- 0.70941	0.20+- 0.04	-5.3
NAPC	NAPU	*	1.55599+- 0.15560	1.55599+- 0.13766	1.00+- 0.13	0.0
ACYC	ACYU	*	0.03265+- 0.00327	0.03265+- 0.00104	1.00+- 0.11	0.0
ACEC	ACEU		0.14277+- 0.01428	0.04668+- 0.00325	0.33+- 0.04	-6.6
FLUC	FLUU		0.15112+- 0.01511	0.09261+- 0.00580	0.61+- 0.07	-3.6
PHEC	PHEU		1.46957+- 0.14696	0.45265+- 0.03105	0.31+- 0.04	-6.8
ANTC	ANTU	*	0.19464+- 0.01946	0.19464+- 0.01453	1.00+- 0.12	0.0
FLOC	FLOU		1.22376+- 0.12238	0.15506+- 0.01044	0.13+- 0.02	-8.7
PYRC	PYRU		1.15487+- 0.11549	0.16262+- 0.01283	0.14+- 0.02	-8.5
BAAC	BAAU		0.57777+- 0.05778	0.05102+- 0.00397	0.09+- 0.01	-9.1
CHRC	CHRU		1.62588+- 0.16259	0.05253+- 0.00365	0.03+- 0.00	-9.7
BBFC	BBFU		8.66791+- 0.86679	0.13689+- 0.01127	0.02+- 0.00	-9.8
BKFC	BKFU		3.35357+- 0.33536	0.26941+- 0.02373	0.08+- 0.01	-9.2
BAPC	BAPU		7.33125+- 1.09969	0.17065+- 0.01227	0.02+- 0.00	-6.5
DBAC	DBAU		5.27644+- 1.05529	1.72551+- 0.19348	0.33+- 0.07	-3.3
INDC	INDU		0.90393+- 0.18079	0.34317+- 0.03633	0.38+- 0.09	-3.0
BGHC	BGHU		3.55975+- 0.71195	0.33159+- 0.03767	0.09+- 0.02	-4.5

ตารางที่ จ-4 ผลการวิเคราะห์สัดส่วนแหล่งกำเนิดของสารประกอบพีเอเอชจากบริเวณองค์การบริหารส่วนตำบลดอนทราย (ฤดูฝน) ด้วยแบบจำลองดุลยภาพมวลเคมี 8.2

```
                     Chemical Mass Balance Version EPA-CMB8.2
                              Report Date: 5/13/2009

SAMPLE:                       OPTIONS:                           INPUT FILES:

SITE:          DONS           BRITT & LUECKE:         No         INrbrt13-cvs.in
SAMPLE DATE:   07/20/06       SOURCE ELIMINATION:     No            PRrbrt13.sel
DURATION:      24             BEST FIT:               No            SPrbrt13.sel
START HOUR:    0                                                    ADrbrt13.sel
SIZE:          COARSE                                               ADrbrt13.csv
                                                                    PRrbrt13.csv
Species Array: 1
Sources Array: 1

FITTING STATISTICS:

       R SQUARE      1.00                      % MASS       37.7
     CHI SQUARE      0.10              DEGREES FREEDOM         2


SOURCE CONTRIBUTION ESTIMATES:

SOURCE
EST CODE   NAME     SCE(ng/m3) Std Err      Tstat
----------------------------------------------------
YES RBR004 2-MC        0.21502    0.03146    6.83395
YES RBR009 NGHO        4.39597    0.40873   10.75524
YES RBR017 BIOM        0.08984    0.02020    4.44813

----------------------------------------------------
                      4.70083

MEASURED CONCENTRATION FOR SIZE: COARSE
      12.5+-     1.9

                   Eligible Space Collinearity Display
================================================================================
ELIGIBLE SPACE DIM. =   3 FOR MAX. UNC. =  1.86912  (15.% OF TOTAL MEAS. MASS)

1 / Singular Value
--------------------------------------------------------------------------------
 0.01923   0.03046   0.40885
--------------------------------------------------------------------------------

NUMBER ESTIMABLE SOURCES =   3 FOR MIN. PROJ. =  0.95
 PROJ. SOURCE   PROJ. SOURCE   PROJ. SOURCE   PROJ. SOURCE   PROJ. SOURCE
--------------------------------------------------------------------------------
1.0000 RBR004  1.0000 RBR009  1.0000 RBR017
--------------------------------------------------------------------------------

ESTIMABLE LINEAR COMBINATIONS OF INESTIMABLE SOURCES
COEFF. SOURCE  COEFF. SOURCE  COEFF. SOURCE  COEFF. SOURCE   SCE        Std Err
--------------------------------------------------------------------------------
================================================================================

SPECIES CONCENTRATIONS:
                                                          CALCULATED    RESIDUAL
                                                          ----------  -----------
SPECIES      FIT      MEASURED          CALCULATED         MEASURED   UNCERTAINTY
--------------------------------------------------------------------------------

PAHC   PAHU     12.46080+- 1.86912   4.70083+- 0.39630   0.38+- 0.06    -4.1
NAPC   NAPU   *   0.13650+- 0.01365   0.13655+- 0.00928   1.00+- 0.12     0.0
ACYC   ACYU   *   0.08326+- 0.00833   0.08382+- 0.00781   1.01+- 0.14     0.0
ACEC   ACEU       0.02691+- 0.00269   0.00664+- 0.00046   0.25+- 0.03    -7.4
FLUC   FLUU       0.01329+- 0.00133   0.02937+- 0.00196   2.21+- 0.27     6.8
PHEC   PHEU   *   0.30960+- 0.03096   0.32391+- 0.02975   1.05+- 0.14     0.3
ANTC   ANTU       0.03411+- 0.00341   0.15253+- 0.01457   4.47+- 0.62     7.9
FLOC   FLOU   *   0.13342+- 0.01334   0.12908+- 0.01020   0.97+- 0.12    -0.3
PYRC   PYRU   *   0.14576+- 0.01458   0.14332+- 0.01312   0.98+- 0.13    -0.1
BAAC   BAAU       0.12345+- 0.01234   0.01912+- 0.00144   0.15+- 0.02    -8.4
CHRC   CHRU       0.09327+- 0.00933   0.02461+- 0.00236   0.26+- 0.04    -7.1
BBFC   BBFU       0.56478+- 0.05648   0.11757+- 0.01144   0.21+- 0.03    -7.8
BKFC   BKFU       0.15861+- 0.01586   0.24525+- 0.02445   1.55+- 0.22     3.0
BAPC   BAPU       0.59040+- 0.08856   0.12107+- 0.01121   0.21+- 0.04    -5.3
DBAC   DBAU       5.05565+- 1.01113   1.21050+- 0.18140   0.24+- 0.06    -3.7
INDC   INDU       1.07342+- 0.21468   0.18583+- 0.02773   0.17+- 0.04    -4.1
BGHC   BGHU       3.91840+- 0.78368   0.10779+- 0.01578   0.03+- 0.01    -4.9
--------------------------------------------------------------------------------
```

ศูนย์วิทยทรัพยากร จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ จ-5 ผลการวิเคราะห์สัดส่วนแหล่งกำเนิดของสารประกอบพีเอเอชจากบริเวณโรงเรียนบ้าน-ไร่ชาวเหนือ (ฤดูแล้ง) ด้วยแบบจำลองดุลยภาพมวลเคมี 8.2

```
                    Chemical Mass Balance Version EPA-CMB8.2
                             Report Date: 5/13/2009

SAMPLE:                        OPTIONS:                           INPUT FILES:

SITE:          BRCN            BRITT & LUECKE:         No         INrbrt13-cvs.in
SAMPLE DATE:   05/23/06        SOURCE ELIMINATION:     No            PRrbrt13.sel
DURATION:      24              BEST FIT:               No            SPrbrt13.sel
START HOUR:    0                                                     ADrbrt13.sel
SIZE:          COARSE                                                ADrbrt13.csv
                                                                     PRrbrt13.csv
Species Array: 1
Sources Array: 1

FITTING STATISTICS:

       R SQUARE      0.98                      % MASS      38.5
     CHI SQUARE      2.03             DEGREES FREEDOM         4


SOURCE CONTRIBUTION ESTIMATES:

SOURCE
EST CODE   NAME     SCE(ng/m3) Std Err      Tstat
----------------------------------------------------
YES RBR008 NATG        5.56481    0.54463   10.21750
YES RBR009 NGHO        3.75988    0.90018    4.17679
YES RBR017 BIOM        1.39337    0.26644    5.22957

----------------------------------------------------
                      10.71806

MEASURED CONCENTRATION FOR SIZE: COARSE
      27.9+-     4.2

                   Eligible Space Collinearity Display
================================================================================
ELIGIBLE SPACE DIM. =   3 FOR MAX. UNC. =  4.17893  (15.% OF TOTAL MEAS. MASS)

1 / Singular Value
--------------------------------------------------------------------------------
 0.23206   0.47983   0.94544
--------------------------------------------------------------------------------

NUMBER ESTIMABLE SOURCES =   3 FOR MIN. PROJ. =  0.95
 PROJ. SOURCE   PROJ. SOURCE   PROJ. SOURCE   PROJ. SOURCE   PROJ. SOURCE
--------------------------------------------------------------------------------
1.0000 RBR008  1.0000 RBR009  1.0000 RBR017
--------------------------------------------------------------------------------

ESTIMABLE LINEAR COMBINATIONS OF INESTIMABLE SOURCES
COEFF. SOURCE  COEFF. SOURCE  COEFF. SOURCE  COEFF. SOURCE   SCE        Std Err
--------------------------------------------------------------------------------
================================================================================

SPECIES CONCENTRATIONS:
                                                            CALCULATED    RESIDUAL
                                                            ----------  -----------
SPECIES      FIT      MEASURED         CALCULATED         MEASURED   UNCERTAINTY
--------------------------------------------------------------------------------

PAHC   PAHU      27.85950+- 4.17893  10.71806+- 0.78361   0.38+- 0.06    -4.0
NAPC   NAPU   *   1.73220+- 0.17322   1.73550+- 0.12933   1.00+- 0.12     0.0
ACYC   ACYU   *   0.06950+- 0.00695   0.07968+- 0.00112   1.15+- 0.12     1.4
ACEC   ACEU       0.31586+- 0.03159   0.12136+- 0.01069   0.38+- 0.05    -5.8
FLUC   FLUU   *   0.26040+- 0.02604   0.20584+- 0.01674   0.79+- 0.10    -1.8
PHEC   PHEU       1.07882+- 0.10788   0.69423+- 0.04664   0.64+- 0.08    -3.3
ANTC   ANTU   *   0.23782+- 0.02378   0.23749+- 0.01537   1.00+- 0.12     0.0
FLOC   FLOU       0.93670+- 0.09367   0.19242+- 0.01167   0.21+- 0.02    -7.9
PYRC   PYRU       0.67772+- 0.06777   0.19434+- 0.01310   0.29+- 0.03    -7.0
BAAC   BAAU       0.48245+- 0.04824   0.14813+- 0.01367   0.31+- 0.04    -6.7
CHRC   CHRU       1.55002+- 0.15500   0.12480+- 0.01055   0.08+- 0.01    -9.2
BBFC   BBFU       4.76743+- 0.47674   0.18976+- 0.01330   0.04+- 0.00    -9.6
BKFC   BKFU       3.93478+- 0.39348   0.32845+- 0.02400   0.08+- 0.01    -9.1
BAPC   BAPU       6.75935+- 1.01390   0.31324+- 0.02345   0.05+- 0.01    -6.4
DBAC   DBAU   *   2.79552+- 0.55910   3.06147+- 0.34086   1.10+- 0.25     0.4
INDC   INDU   *   0.84403+- 0.16881   0.75493+- 0.09250   0.89+- 0.21    -0.5
BGHC   BGHU   *   1.41694+- 0.28339   0.92336+- 0.12566   0.65+- 0.16    -1.6
--------------------------------------------------------------------------------
```

ศูนย์วิทยทรัพยากร จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ จ-6 ผลการวิเคราะห์สัดส่วนแหล่งกำเนิดของสารประกอบพีเอเอชจากบริเวณโรงเรียนบ้าน-ไร่ชาวเหนือ (ฤดูฝน) ด้วยแบบจำลองดุลยภาพมวลเคมี 8.2

```
                    Chemical Mass Balance Version EPA-CMB8.2
                             Report Date: 5/13/2009

SAMPLE:                        OPTIONS:                          INPUT FILES:

SITE:          BRCN            BRITT & LUECKE:        No         INrbrt13-cvs.in
SAMPLE DATE:   07/20/06        SOURCE ELIMINATION:    No            PRrbrt13.sel
DURATION:      24              BEST FIT:              No            SPrbrt13.sel
START HOUR:    0                                                    ADrbrt13.sel
SIZE:          COARSE                                               ADrbrt13.csv
                                                                    PRrbrt13.csv
Species Array: 1
Sources Array: 1

FITTING STATISTICS:

       R SQUARE      0.98                      % MASS      12.6
     CHI SQUARE      2.08             DEGREES FREEDOM         2


SOURCE CONTRIBUTION ESTIMATES:
```

SOURCE EST	CODE	NAME	SCE(ng/m^3)	Std Err	Tstat
YES	RBR004	2-MC	0.15551	0.01740	8.93729
YES	RBR009	NGHO	0.95591	0.09955	9.60249
			1.11141		

```
MEASURED CONCENTRATION FOR SIZE: COARSE
       8.8+-     1.3

                   Eligible Space Collinearity Display
================================================================================
ELIGIBLE SPACE DIM. =   2 FOR MAX. UNC. =  1.32411  (15.% OF TOTAL MEAS. MASS)

1 / Singular Value
--------------------------------------------------------------------------------
 0.01702   0.09961
--------------------------------------------------------------------------------

NUMBER ESTIMABLE SOURCES =   2 FOR MIN. PROJ. =  0.95
 PROJ. SOURCE   PROJ. SOURCE   PROJ. SOURCE   PROJ. SOURCE   PROJ. SOURCE
--------------------------------------------------------------------------------
1.0000 RBR004  1.0000 RBR009
--------------------------------------------------------------------------------

ESTIMABLE LINEAR COMBINATIONS OF INESTIMABLE SOURCES
COEFF. SOURCE  COEFF. SOURCE  COEFF. SOURCE  COEFF. SOURCE   SCE        Std Err
--------------------------------------------------------------------------------
================================================================================

SPECIES CONCENTRATIONS:
```

SPECIES		FIT	MEASURED	CALCULATED	CALCULATED / MEASURED	RESIDUAL / UNCERTAINTY
PAHC	PAHU		8.82742+- 1.32411	1.11141+- 0.09748	0.13+- 0.02	-5.8
NAPC	NAPU		0.99427+- 0.09943	0.01722+- 0.00127	0.02+- 0.00	-9.8
ACYC	ACYU	*	0.05574+- 0.00557	0.05752+- 0.00564	1.03+- 0.14	0.2
ACEC	ACEU		0.02667+- 0.00267	0.00216+- 0.00015	0.08+- 0.01	-9.2
FLUC	FLUU	*	0.01338+- 0.00134	0.01259+- 0.00100	0.94+- 0.12	-0.5
PHEC	PHEU		0.16855+- 0.01685	0.08183+- 0.00668	0.49+- 0.06	-4.8
ANTC	ANTU	*	0.02954+- 0.00295	0.03541+- 0.00319	1.20+- 0.16	1.4
FLOC	FLOU		0.10993+- 0.01099	0.04227+- 0.00299	0.38+- 0.05	-5.9
PYRC	PYRU		0.11789+- 0.01179	0.03678+- 0.00296	0.31+- 0.04	-6.7
BAAC	BAAU		0.07603+- 0.00760	0.00713+- 0.00051	0.09+- 0.01	-9.0
CHRC	CHRU		0.06230+- 0.00623	0.00583+- 0.00052	0.09+- 0.01	-9.0
BBFC	BBFU		0.21020+- 0.02102	0.02711+- 0.00250	0.13+- 0.02	-8.6
BKFC	BKFU	*	0.06577+- 0.00658	0.05365+- 0.00532	0.82+- 0.11	-1.4
BAPC	BAPU		0.14909+- 0.02236	0.03088+- 0.00252	0.21+- 0.04	-5.3
DBAC	DBAU		3.41475+- 0.68295	0.26364+- 0.03945	0.08+- 0.02	-4.6
INDC	INDU		1.01659+- 0.20332	0.04087+- 0.00603	0.04+- 0.01	-4.8
BGHC	BGHU		2.31673+- 0.46335	0.02474+- 0.00344	0.01+- 0.00	-4.9

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ จ-7 ผลการวิเคราะห์สัดส่วนแหล่งกำเนิดของสารประกอบพีเอเอชจากบริเวณองค์การบริหารส่วนตำบลคูบัว (ฤดูแล้ง) ด้วยแบบจำลองดุลยภาพมวลเคมี 8.2

```
                    Chemical Mass Balance Version EPA-CMB8.2
                             Report Date: 5/13/2009

SAMPLE:                       OPTIONS:                           INPUT FILES:

SITE:          KUBU           BRITT & LUECKE:         No         INrbrt13-cvs.in
SAMPLE DATE:   05/23/06       SOURCE ELIMINATION:     No            PRrbrt13.sel
DURATION:      24             BEST FIT:               No            SPrbrt13.sel
START HOUR:    0                                                    ADrbrt13.sel
SIZE:          COARSE                                               ADrbrt13.csv
                                                                    PRrbrt13.csv
Species Array: 1
Sources Array: 1

FITTING STATISTICS:

       R SQUARE      0.97                     % MASS       29.3
     CHI SQUARE      2.21             DEGREES FREEDOM         3


SOURCE CONTRIBUTION ESTIMATES:

SOURCE
EST CODE   NAME     SCE(ng/m3) Std Err      Tstat
----------------------------------------------------
YES RBR009 NGHO       11.05709    1.19243    9.27270
YES RBR017 BIOM        1.43044    0.21673    6.60011

----------------------------------------------------
                      12.48753

MEASURED CONCENTRATION FOR SIZE: COARSE
      42.6+-     6.4

                   Eligible Space Collinearity Display
================================================================================
ELIGIBLE SPACE DIM. =   2 FOR MAX. UNC. =  6.39474  (15.% OF TOTAL MEAS. MASS)

1 / Singular Value
--------------------------------------------------------------------------------
 0.20037   1.19529
--------------------------------------------------------------------------------

NUMBER ESTIMABLE SOURCES =   2 FOR MIN. PROJ. =  0.95
 PROJ. SOURCE   PROJ. SOURCE   PROJ. SOURCE   PROJ. SOURCE   PROJ. SOURCE
--------------------------------------------------------------------------------
1.0000 RBR009  1.0000 RBR017
--------------------------------------------------------------------------------

ESTIMABLE LINEAR COMBINATIONS OF INESTIMABLE SOURCES
COEFF. SOURCE  COEFF. SOURCE  COEFF. SOURCE  COEFF. SOURCE   SCE        Std Err
--------------------------------------------------------------------------------
================================================================================

SPECIES CONCENTRATIONS:
                                                          CALCULATED    RESIDUAL
                                                          ----------  -----------
SPECIES      FIT     MEASURED          CALCULATED          MEASURED   UNCERTAINTY
--------------------------------------------------------------------------------

PAHC   PAHU      42.63160+- 6.39474  12.48753+- 1.12902   0.29+- 0.05    -4.6
NAPC   NAPU   *   1.52342+- 0.15234   1.35288+- 0.12307   0.89+- 0.12    -0.9
ACYC   ACYU   *   0.01744+- 0.00174   0.02154+- 0.00157   1.24+- 0.15     1.7
ACEC   ACEU       0.32861+- 0.03286   0.02242+- 0.00159   0.07+- 0.01    -9.3
FLUC   FLUU       0.39603+- 0.03960   0.06610+- 0.00470   0.17+- 0.02    -8.3
PHEC   PHEU       1.46645+- 0.14665   0.79991+- 0.07478   0.55+- 0.07    -4.0
ANTC   ANTU   *   0.44792+- 0.04479   0.39386+- 0.03673   0.88+- 0.12    -0.9
FLOC   FLOU       1.71782+- 0.17178   0.28237+- 0.02485   0.16+- 0.02    -8.3
PYRC   PYRU       1.40030+- 0.14003   0.34545+- 0.03292   0.25+- 0.03    -7.3
BAAC   BAAU       0.65241+- 0.06524   0.03383+- 0.00332   0.05+- 0.01    -9.5
CHRC   CHRU       4.02937+- 0.40294   0.06041+- 0.00593   0.01+- 0.00    -9.8
BBFC   BBFU      10.47590+- 1.04759   0.28947+- 0.02876   0.03+- 0.00    -9.7
BKFC   BKFU       5.94949+- 0.59495   0.61657+- 0.06149   0.10+- 0.01    -8.9
BAPC   BAPU       8.72172+- 1.30826   0.28474+- 0.02811   0.03+- 0.01    -6.4
DBAC   DBAU   *   2.94509+- 0.58902   3.04567+- 0.45627   1.03+- 0.26     0.1
INDC   INDU   *   0.67637+- 0.13527   0.46578+- 0.06974   0.69+- 0.17    -1.4
BGHC   BGHU       1.88331+- 0.37666   0.26506+- 0.03968   0.14+- 0.04    -4.3
--------------------------------------------------------------------------------
```

ตารางที่ จ-8 ผลการวิเคราะห์สัดส่วนแหล่งกำเนิดของสารประกอบพีเอเอชจากบริเวณองค์การบริหารส่วนตำบลคูบัว (ฤดูฝน) ด้วยแบบจำลองดุลยภาพมวลเคมี 8.2

```
                     Chemical Mass Balance Version EPA-CMB8.2
                              Report Date: 5/13/2009

SAMPLE:                       OPTIONS:                           INPUT FILES:

SITE:          KUBU           BRITT & LUECKE:          No        INrbrt13-cvs.in
SAMPLE DATE:   07/20/06       SOURCE ELIMINATION:      No           PRrbrt13.sel
DURATION:      24             BEST FIT:                No           SPrbrt13.sel
START HOUR:    0                                                    ADrbrt13.sel
SIZE:          COARSE                                               ADrbrt13.csv
                                                                    PRrbrt13.csv
Species Array: 1
Sources Array: 1

FITTING STATISTICS:

       R SQUARE      0.98                      % MASS       75.5
     CHI SQUARE      2.09             DEGREES FREEDOM          7


SOURCE CONTRIBUTION ESTIMATES:

SOURCE
EST CODE   NAME     SCE(ng/m³) Std Err      Tstat
----------------------------------------------------
YES RBR003 LDGV        4.20196    0.29264   14.35856
YES RBR009 NGHO        4.07265    0.66182    6.15370
YES RBR017 BIOM        0.10245    0.02467    4.15327

----------------------------------------------------
                      8.37705

MEASURED CONCENTRATION FOR SIZE: COARSE
      11.1+-     1.7

                   Eligible Space Collinearity Display
================================================================================
ELIGIBLE SPACE DIM. =   3 FOR MAX. UNC. =  1.66452  (15.% OF TOTAL MEAS. MASS)

1 / Singular Value
--------------------------------------------------------------------------------
 0.02323   0.23192   0.68551
--------------------------------------------------------------------------------

NUMBER ESTIMABLE SOURCES =   3 FOR MIN. PROJ. =  0.95
 PROJ. SOURCE   PROJ. SOURCE   PROJ. SOURCE   PROJ. SOURCE   PROJ. SOURCE
--------------------------------------------------------------------------------
1.0000 RBR003  1.0000 RBR009  1.0000 RBR017
--------------------------------------------------------------------------------

ESTIMABLE LINEAR COMBINATIONS OF INESTIMABLE SOURCES
COEFF. SOURCE  COEFF. SOURCE  COEFF. SOURCE  COEFF. SOURCE   SCE        Std Err
--------------------------------------------------------------------------------
================================================================================

SPECIES CONCENTRATIONS:
                                                             CALCULATED    RESIDUAL
                                                             ----------  -----------
SPECIES      FIT      MEASURED          CALCULATED            MEASURED   UNCERTAINTY
--------------------------------------------------------------------------------

PAHC   PAHU     11.09680+- 1.66451   8.37705+- 0.54213   0.75+- 0.12    -1.6
NAPC   NAPU  *   0.16875+- 0.01688   0.16859+- 0.01052   1.00+- 0.12     0.0
ACYC   ACYU  *   0.08687+- 0.00869   0.10619+- 0.01007   1.22+- 0.17     1.5
ACEC   ACEU      0.02940+- 0.00294   0.05031+- 0.00458   1.71+- 0.23     3.8
FLUC   FLUU  *   0.29945+- 0.02994   0.33715+- 0.03219   1.13+- 0.16     0.9
PHEC   PHEU  *   0.43540+- 0.04354   0.42270+- 0.03102   0.97+- 0.12    -0.2
ANTC   ANTU  *   0.26131+- 0.02613   0.30327+- 0.02142   1.16+- 0.14     1.2
FLOC   FLOU  *   0.44073+- 0.04407   0.34275+- 0.02655   0.78+- 0.10    -1.9
PYRC   PYRU  *   0.36138+- 0.03614   0.32175+- 0.02333   0.89+- 0.11    -0.9
BAAC   BAAU  *   0.42746+- 0.04275   0.33948+- 0.03274   0.79+- 0.11    -1.6
CHRC   CHRU  *   0.43244+- 0.04324   0.36479+- 0.03436   0.84+- 0.12    -1.2
BBFC   BBFU  *   0.42116+- 0.04212   0.49386+- 0.04020   1.17+- 0.15     1.2
BKFC   BKFU      0.36363+- 0.03636   0.60429+- 0.04404   1.66+- 0.21     4.2
BAPC   BAPU      0.27133+- 0.04070   0.44492+- 0.03565   1.64+- 0.28     3.2
DBAC   DBAU      3.54601+- 0.70920   1.42838+- 0.17428   0.40+- 0.09    -2.9
INDC   INDU      0.88709+- 0.17742   0.17863+- 0.02571   0.20+- 0.05    -4.0
BGHC   BGHU      2.66434+- 0.53287   0.21867+- 0.02333   0.08+- 0.02    -4.6
--------------------------------------------------------------------------------
```

ศูนย์วิทยทรัพยากร จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ จ-9 ผลการวิเคราะห์สัดส่วนแหล่งกำเนิดของสารประกอบพีเอเอชจากบริเวณโรงเรียนวัด-อมรญาติสมาคม (ฤดูฝน) ด้วยแบบจำลองดุลยภาพมวลเคมี 8.2

```
                      Chemical Mass Balance Version EPA-CMB8.2
                               Report Date: 5/13/2009

SAMPLE:                        OPTIONS:                            INPUT FILES:

SITE:          WATA            BRITT & LUECKE:         No        INrbrt13-cvs.in
SAMPLE DATE:   07/20/06        SOURCE ELIMINATION:     No           PRrbrt13.sel
DURATION:      24              BEST FIT:               No           SPrbrt13.sel
START HOUR:    0                                                    ADrbrt13.sel
SIZE:          COARSE                                               ADrbrt13.csv
                                                                    PRrbrt13.csv
Species Array: 1
Sources Array: 1

FITTING STATISTICS:

       R SQUARE      0.98                      % MASS       44.0
     CHI SQUARE      1.99              DEGREES FREEDOM         7


SOURCE CONTRIBUTION ESTIMATES:

SOURCE
EST CODE   NAME     SCE(ng/m3) Std Err      Tstat
----------------------------------------------------
YES RBR002 HDDV        0.62086    0.09128    6.80184
YES RBR003 LDGV        3.26099    0.29166   11.18095
YES RBR008 NATG        3.30322    0.43749    7.55033

----------------------------------------------------
                      7.18506

MEASURED CONCENTRATION FOR SIZE: COARSE
      16.3+-     2.5

                   Eligible Space Collinearity Display
================================================================================
ELIGIBLE SPACE DIM. =   3 FOR MAX. UNC. =  2.45058  (15.% OF TOTAL MEAS. MASS)

1 / Singular Value
--------------------------------------------------------------------------------
 0.08199   0.23669   0.47122
--------------------------------------------------------------------------------

NUMBER ESTIMABLE SOURCES =   3 FOR MIN. PROJ. =  0.95
 PROJ. SOURCE   PROJ. SOURCE   PROJ. SOURCE   PROJ. SOURCE   PROJ. SOURCE
--------------------------------------------------------------------------------
1.0000 RBR002  1.0000 RBR003  1.0000 RBR008
--------------------------------------------------------------------------------

ESTIMABLE LINEAR COMBINATIONS OF INESTIMABLE SOURCES
COEFF. SOURCE  COEFF. SOURCE  COEFF. SOURCE  COEFF. SOURCE   SCE        Std Err
--------------------------------------------------------------------------------
================================================================================

SPECIES CONCENTRATIONS:
                                                            CALCULATED    RESIDUAL
                                                            ----------  ----------
SPECIES      FIT      MEASURED          CALCULATED           MEASURED   UNCERTAINTY
--------------------------------------------------------------------------------

PAHC   PAHU     16.33720+- 2.45058   7.18506+- 0.35705   0.44+- 0.07     -3.7
NAPC   NAPU  *   0.36129+- 0.03613   0.33660+- 0.02980   0.93+- 0.12     -0.5
ACYC   ACYU  *   0.26763+- 0.02676   0.27750+- 0.01776   1.04+- 0.12      0.3
ACEC   ACEU  *   0.27445+- 0.02744   0.26078+- 0.01777   0.95+- 0.11     -0.4
FLUC   FLUU      0.26561+- 0.02656   0.44425+- 0.02851   1.67+- 0.20      4.6
PHEC   PHEU  *   0.35874+- 0.03587   0.37486+- 0.02581   1.04+- 0.13      0.4
ANTC   ANTU  *   0.22476+- 0.02248   0.24370+- 0.01527   1.08+- 0.13      0.7
FLOC   FLOU  *   0.30513+- 0.03051   0.26010+- 0.01998   0.85+- 0.11     -1.2
PYRC   PYRU      0.34670+- 0.03467   0.22912+- 0.01635   0.66+- 0.08     -3.1
BAAC   BAAU  *   0.44097+- 0.04410   0.34589+- 0.02667   0.78+- 0.10     -1.8
CHRC   CHRU  *   0.40481+- 0.04048   0.33161+- 0.02731   0.82+- 0.11     -1.5
BBFC   BBFU      0.71474+- 0.07147   0.35997+- 0.03057   0.50+- 0.07     -4.6
BKFC   BKFU  *   0.29783+- 0.02978   0.36358+- 0.03013   1.22+- 0.16      1.6
BAPC   BAPU  *   0.29865+- 0.04480   0.39447+- 0.02937   1.32+- 0.22      1.8
DBAC   DBAU      5.88449+- 1.17690   1.44521+- 0.18369   0.25+- 0.06     -3.7
INDC   INDU      1.84637+- 0.36927   0.35946+- 0.05308   0.19+- 0.05     -4.0
BGHC   BGHU      4.04504+- 0.80901   0.58912+- 0.07549   0.15+- 0.03     -4.3
--------------------------------------------------------------------------------
```

ตารางที่ จ-10 ผลการวิเคราะห์สัดส่วนแหล่งกำเนิดของสารประกอบพีเอเอชจากบริเวณวัดนักบุญอันตนนีโอ (ฤดูแล้ง) ด้วยแบบจำลองดุลยภาพมวลเคมี 8.2

```
                      Chemical Mass Balance Version EPA-CMB8.2
                               Report Date: 5/13/2009

SAMPLE:                        OPTIONS:                           INPUT FILES:

SITE:          WNBA            BRITT & LUECKE:          No        INrbrt13-cvs.in
SAMPLE DATE:   05/07/06        SOURCE ELIMINATION:      No           PRrbrt13.sel
DURATION:      8               BEST FIT:                No           SPrbrt13.sel
START HOUR:    0                                                     ADrbrt13.sel
SIZE:          COARSE                                                ADrbrt13.csv
                                                                     PRrbrt13.csv
Species Array: 1
Sources Array: 1

FITTING STATISTICS:

       R SQUARE      1.00                      % MASS      15.5
     CHI SQUARE      0.33             DEGREES FREEDOM         2


SOURCE CONTRIBUTION ESTIMATES:

SOURCE
EST CODE   NAME     SCE(ng/m3) Std Err      Tstat
----------------------------------------------------
YES RBR008 NATG        9.05196    0.67483   13.41372
YES RBR017 BIOM        0.40210    0.18693    2.15107

----------------------------------------------------
                      9.45407

MEASURED CONCENTRATION FOR SIZE: COARSE
      61.0+-     9.2

                    Eligible Space Collinearity Display
================================================================================
ELIGIBLE SPACE DIM. =   2 FOR MAX. UNC. =  9.15645  (15.% OF TOTAL MEAS. MASS)

1 / Singular Value
--------------------------------------------------------------------------------
 0.16762   0.67988
--------------------------------------------------------------------------------

NUMBER ESTIMABLE SOURCES =   2 FOR MIN. PROJ. =  0.95
 PROJ. SOURCE   PROJ. SOURCE   PROJ. SOURCE   PROJ. SOURCE   PROJ. SOURCE
--------------------------------------------------------------------------------
1.0000 RBR008  1.0000 RBR017
--------------------------------------------------------------------------------

ESTIMABLE LINEAR COMBINATIONS OF INESTIMABLE SOURCES
COEFF. SOURCE  COEFF. SOURCE  COEFF. SOURCE  COEFF. SOURCE   SCE        Std Err
--------------------------------------------------------------------------------
================================================================================

SPECIES CONCENTRATIONS:
                                                             CALCULATED    RESIDUAL
                                                             ----------  -----------
SPECIES      FIT     MEASURED          CALCULATED             MEASURED   UNCERTAINTY
--------------------------------------------------------------------------------

PAHC   PAHU       61.04300+- 9.15645   9.45407+- 0.61818   0.15+- 0.03    -5.6
NAPC   NAPU   *    1.15000+- 0.11500   1.15650+- 0.08823   1.01+- 0.13     0.0
ACYC   ACYU   *    0.11900+- 0.01190   0.11175+- 0.00112   0.94+- 0.09    -0.6
ACEC   ACEU        0.09300+- 0.00930   0.17604+- 0.01727   1.89+- 0.27     4.2
FLUC   FLUU        1.78100+- 0.17810   0.27589+- 0.02676   0.15+- 0.02    -8.4
PHEC   PHEU        1.40700+- 0.14070   0.64623+- 0.06312   0.46+- 0.06    -4.9
ANTC   ANTU        0.54300+- 0.05430   0.14773+- 0.01402   0.27+- 0.04    -7.0
FLOC   FLOU        0.04400+- 0.00440   0.12937+- 0.01196   2.94+- 0.40     6.7
PYRC   PYRU        0.30000+- 0.03000   0.11253+- 0.01079   0.38+- 0.05    -5.9
BAAC   BAAU   *    0.20700+- 0.02070   0.22174+- 0.02216   1.07+- 0.15     0.5
CHRC   CHRU   *    0.16300+- 0.01630   0.16871+- 0.01684   1.04+- 0.15     0.2
BBFC   BBFU        2.86000+- 0.28600   0.14716+- 0.01466   0.05+- 0.01    -9.5
BKFC   BKFU        1.85800+- 0.18580   0.19197+- 0.01915   0.10+- 0.01    -8.9
BAPC   BAPU       17.35000+- 2.60250   0.34924+- 0.03482   0.02+- 0.00    -6.5
DBAC   DBAU        7.48400+- 1.49680   3.29237+- 0.49369   0.44+- 0.11    -2.7
INDC   INDU        9.40600+- 1.88120   0.96974+- 0.14543   0.10+- 0.03    -4.5
BGHC   BGHU       16.27800+- 3.25560   1.35499+- 0.20323   0.08+- 0.02    -4.6
--------------------------------------------------------------------------------
```

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ จ-11 ผลการวิเคราะห์สัดส่วนแหล่งกำเนิดของสารประกอบพีเอเอชจากบริเวณวัดบาง-กระโด (ฤดูแล้ง) ด้วยแบบจำลองดุลยภาพมวลเคมี 8.2

```
                    Chemical Mass Balance Version EPA-CMB8.2
                             Report Date: 5/13/2009

SAMPLE:                       OPTIONS:                            INPUT FILES:

SITE:          WBKD           BRITT & LUECKE:          No        INrbrt13-cvs.in
SAMPLE DATE:   05/07/06       SOURCE ELIMINATION:      No           PRrbrt13.sel
DURATION:      8              BEST FIT:                No           SPrbrt13.sel
START HOUR:    0                                                    ADrbrt13.sel
SIZE:          COARSE                                               ADrbrt13.csv
                                                                    PRrbrt13.csv
Species Array: 1
Sources Array: 1

FITTING STATISTICS:

       R SQUARE      0.99                      % MASS       20.9
     CHI SQUARE      2.45              DEGREES FREEDOM         3


SOURCE CONTRIBUTION ESTIMATES:

SOURCE
EST CODE   NAME     SCE(ng/m3) Std Err      Tstat
----------------------------------------------------
YES RBR002 HDDV        0.18801    0.04651    4.04216
YES RBR005 4-MC        0.90704    0.41706    2.17485
YES RBR008 NATG        2.08414    0.39752    5.24293
YES RBR009 NGHO        5.24781    0.66748    7.86215
YES RBR017 BIOM        0.70519    0.12921    5.45771

----------------------------------------------------
                      9.13220

MEASURED CONCENTRATION FOR SIZE: COARSE
      43.7+-     6.6

                   Eligible Space Collinearity Display
================================================================================
ELIGIBLE SPACE DIM. =   5 FOR MAX. UNC. =  6.55845  (15.% OF TOTAL MEAS. MASS)

1 / Singular Value
--------------------------------------------------------------------------------
 0.03389   0.12204   0.26565   0.45864   0.70667
--------------------------------------------------------------------------------

NUMBER ESTIMABLE SOURCES =   5 FOR MIN. PROJ. =  0.95
 PROJ. SOURCE   PROJ. SOURCE   PROJ. SOURCE   PROJ. SOURCE   PROJ. SOURCE
--------------------------------------------------------------------------------
1.0000 RBR002  1.0000 RBR005  1.0000 RBR008  1.0000 RBR009  1.0000 RBR017
--------------------------------------------------------------------------------

ESTIMABLE LINEAR COMBINATIONS OF INESTIMABLE SOURCES
COEFF. SOURCE  COEFF. SOURCE  COEFF. SOURCE  COEFF. SOURCE   SCE        Std Err
--------------------------------------------------------------------------------
================================================================================

SPECIES CONCENTRATIONS:
                                                           CALCULATED   RESIDUAL
                                                           ----------  -----------
SPECIES      FIT       MEASURED          CALCULATED         MEASURED   UNCERTAINTY
--------------------------------------------------------------------------------

PAHC   PAHU       43.72300+- 6.55845   9.13220+- 0.55214   0.21+- 0.03    -5.3
NAPC   NAPU    *   0.85500+- 0.08550   0.86800+- 0.06348   1.02+- 0.13     0.1
ACYC   ACYU    *   0.12000+- 0.01200   0.12098+- 0.00614   1.01+- 0.11     0.1
ACEC   ACEU    *   0.10000+- 0.01000   0.10058+- 0.00637   1.01+- 0.12     0.0
FLUC   FLUU        1.72000+- 0.17200   0.13752+- 0.00734   0.08+- 0.01    -9.2
PHEC   PHEU    *   0.54100+- 0.05410   0.55204+- 0.03840   1.02+- 0.12     0.2
ANTC   ANTU        0.36700+- 0.03670   0.25901+- 0.01795   0.71+- 0.09    -2.6
FLOC   FLOU    *   0.21200+- 0.02120   0.17969+- 0.01219   0.85+- 0.10    -1.3
PYRC   PYRU    *   0.20500+- 0.02050   0.21338+- 0.01591   1.04+- 0.13     0.3
BAAC   BAAU    *   0.10000+- 0.01000   0.08086+- 0.00545   0.81+- 0.10    -1.7
CHRC   CHRU    *   0.06400+- 0.00640   0.07704+- 0.00486   1.20+- 0.14     1.6
BBFC   BBFU        3.04900+- 0.30490   0.20446+- 0.01441   0.07+- 0.01    -9.3
BKFC   BKFU        5.04900+- 0.50490   0.35077+- 0.02955   0.07+- 0.01    -9.3
BAPC   BAPU        2.17500+- 0.32625   0.28154+- 0.01688   0.13+- 0.02    -5.8
DBAC   DBAU       13.15200+- 2.63040   2.21933+- 0.24458   0.17+- 0.04    -4.1
INDC   INDU        7.41000+- 1.48200   0.48862+- 0.04755   0.07+- 0.01    -4.7
BGHC   BGHU        8.60400+- 1.72080   0.48932+- 0.05102   0.06+- 0.01    -4.7
```

ศูนย์วิทยทรัพยากร จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ จ-12 ผลการวิเคราะห์สัดส่วนแหล่งกำเนิดของสารประกอบพีเอเอชจากบริเวณวัดโพธิ์ราษฎร์-บูรณะ (ฤดูแล้ง) ด้วยแบบจำลองดุลยภาพมวลเคมี 8.2

Chemical Mass Balance Version EPA-CMB8.2
Report Date: 5/13/2009

SAMPLE:		OPTIONS:		INPUT FILES:
SITE:	WPRB	BRITT & LUECKE:	No	INrbrt13-cvs.in
SAMPLE DATE:	05/07/06	SOURCE ELIMINATION:	No	PRrbrt13.sel
DURATION:	8	BEST FIT:	No	SPrbrt13.sel
START HOUR:	0			ADrbrt13.sel
SIZE:	COARSE			ADrbrt13.csv
				PRrbrt13.csv

Species Array: 1
Sources Array: 1

FITTING STATISTICS:

R SQUARE	0.99	% MASS	14.1
CHI SQUARE	1.89	DEGREES FREEDOM	4

SOURCE CONTRIBUTION ESTIMATES:

SOURCE EST	CODE	NAME	SCE(ng/m3)	Std Err	Tstat
YES	RBR002	HDDV	0.13912	0.03842	3.62054
YES	RBR008	NATG	1.38134	0.60384	2.28760
YES	RBR009	NGHO	9.24095	0.85555	10.80115
YES	RBR017	BIOM	0.96570	0.16902	5.71341
			11.72711		

MEASURED CONCENTRATION FOR SIZE: COARSE
83.2+- 12.5

Eligible Space Collinearity Display

ELIGIBLE SPACE DIM. = 4 FOR MAX. UNC. = 12.48195 (15.% OF TOTAL MEAS. MASS)

1 / Singular Value

0.02304 0.15709 0.42593 0.95917

NUMBER ESTIMABLE SOURCES = 4 FOR MIN. PROJ. = 0.95

PROJ.	SOURCE	PROJ.	SOURCE	PROJ.	SOURCE	PROJ.	SOURCE	PROJ.	SOURCE
1.0000	RBR002	1.0000	RBR008	1.0000	RBR009	1.0000	RBR017		

ESTIMABLE LINEAR COMBINATIONS OF INESTIMABLE SOURCES

COEFF.	SOURCE	COEFF.	SOURCE	COEFF.	SOURCE	COEFF.	SOURCE	SCE	Std Err

SPECIES CONCENTRATIONS:

SPECIES		FIT	MEASURED	CALCULATED	CALCULATED / MEASURED	RESIDUAL / UNCERTAINTY
PAHC	PAHU		83.21300+-12.48200	11.72711+- 0.66313	0.14+- 0.02	-5.7
NAPC	NAPU	*	1.06900+- 0.10690	1.06122+- 0.08424	0.99+- 0.13	-0.1
ACYC	ACYU	*	0.06400+- 0.00640	0.06917+- 0.00379	1.08+- 0.12	0.7
ACEC	ACEU	*	0.08900+- 0.00890	0.07955+- 0.00465	0.89+- 0.10	-0.9
FLUC	FLUU		1.85900+- 0.18590	0.11301+- 0.00588	0.06+- 0.01	-9.4
PHEC	PHEU	*	0.60800+- 0.06080	0.76347+- 0.06318	1.26+- 0.16	1.8
ANTC	ANTU	*	0.34400+- 0.03440	0.36032+- 0.03077	1.05+- 0.14	0.4
FLOC	FLOU		0.11200+- 0.01120	0.25343+- 0.02078	2.26+- 0.29	6.0
PYRC	PYRU	*	0.35500+- 0.03550	0.31032+- 0.02756	0.87+- 0.12	-1.0
BAAC	BAAU		0.13000+- 0.01300	0.06446+- 0.00438	0.50+- 0.06	-4.8
CHRC	CHRU	*	0.07800+- 0.00780	0.07690+- 0.00558	0.99+- 0.12	-0.1
BBFC	BBFU		1.80800+- 0.18080	0.26524+- 0.02414	0.15+- 0.02	-8.5
BKFC	BKFU	*	0.66000+- 0.06600	0.54438+- 0.05147	0.82+- 0.11	-1.4
BAPC	BAPU		4.44900+- 0.66735	0.29111+- 0.02409	0.07+- 0.01	-6.2
DBAC	DBAU		35.31400+- 7.06280	3.04824+- 0.38870	0.09+- 0.02	-4.6
INDC	INDU		14.09500+- 2.81900	0.53709+- 0.06236	0.04+- 0.01	-4.8
BGHC	BGHU		22.17400+- 4.43480	0.42834+- 0.04541	0.02+- 0.00	-4.9

ตารางที่ จ-13 ผลการวิเคราะห์สัดส่วนแหล่งกำเนิดของสารประกอบพีเอเอชจากบริเวณวัดชาวเหนือ (ฤดูแล้ง) ด้วยแบบจำลองดุลยภาพมวลเคมี 8.2

```
                     Chemical Mass Balance Version EPA-CMB8.2
                              Report Date: 5/13/2009

SAMPLE:                        OPTIONS:                           INPUT FILES:

SITE:          WCHN            BRITT & LUECKE:         No         INrbrt13-cvs.in
SAMPLE DATE:   05/07/06        SOURCE ELIMINATION:     No            PRrbrt13.sel
DURATION:      8               BEST FIT:               No            SPrbrt13.sel
START HOUR:    0                                                     ADrbrt13.sel
SIZE:          COARSE                                                ADrbrt13.csv
                                                                     PRrbrt13.csv
Species Array: 1
Sources Array: 1

FITTING STATISTICS:

       R SQUARE      0.00                        % MASS       0.0
     CHI SQUARE     25.00              DEGREES FREEDOM          2


SOURCE CONTRIBUTION ESTIMATES:

SOURCE
EST CODE   NAME     SCE(ng/m3) Std Err      Tstat
----------------------------------------------------
YES RBR004 2-MC        0.00000    0.00230    0.00005

----------------------------------------------------
                      0.00000

MEASURED CONCENTRATION FOR SIZE: COARSE
      64.9+-     9.7

                   Eligible Space Collinearity Display
================================================================================
ELIGIBLE SPACE DIM. =   1 FOR MAX. UNC. =  9.73425  (15.% OF TOTAL MEAS. MASS)

1 / Singular Value
--------------------------------------------------------------------------------
 0.00230
--------------------------------------------------------------------------------

NUMBER ESTIMABLE SOURCES =   1 FOR MIN. PROJ. =  0.95
 PROJ. SOURCE   PROJ. SOURCE   PROJ. SOURCE   PROJ. SOURCE   PROJ. SOURCE
--------------------------------------------------------------------------------
1.0000 RBR004
--------------------------------------------------------------------------------

ESTIMABLE LINEAR COMBINATIONS OF INESTIMABLE SOURCES
COEFF. SOURCE  COEFF. SOURCE  COEFF. SOURCE  COEFF. SOURCE   SCE          Std Err
--------------------------------------------------------------------------------
================================================================================

SPECIES CONCENTRATIONS:
                                                              CALCULATED    RESIDUAL
                                                              ----------   -----------
SPECIES      FIT       MEASURED           CALCULATED           MEASURED   UNCERTAINTY
--------------------------------------------------------------------------------

PAHC   PAHU       64.89500+- 9.73425  0.00000+- 0.00230   0.00+- 0.00    -6.7
NAPC   NAPU        1.32000+- 0.13200  0.00000+- 0.00000   0.00+- 0.00   -10.0
ACYC   ACYU        0.03000+- 0.00300  0.00000+- 0.00000   0.00+- 0.00   -10.0
ACEC   ACEU        0.16700+- 0.01670  0.00000+- 0.00000   0.00+- 0.00   -10.0
FLUC   FLUU        2.06100+- 0.20610  0.00000+- 0.00000   0.00+- 0.00   -10.0
PHEC   PHEU        0.92100+- 0.09210  0.00000+- 0.00000   0.00+- 0.00   -10.0
ANTC   ANTU        0.48500+- 0.04850  0.00000+- 0.00000   0.00+- 0.00   -10.0
FLOC   FLOU        0.22400+- 0.02240  0.00000+- 0.00000   0.00+- 0.00   -10.0
PYRC   PYRU        0.21100+- 0.02110  0.00000+- 0.00000   0.00+- 0.00   -10.0
BAAC   BAAU        0.12700+- 0.01270  0.00000+- 0.00000   0.00+- 0.00   -10.0
CHRC   CHRU        0.10700+- 0.01070  0.00000+- 0.00000   0.00+- 0.00   -10.0
BBFC   BBFU        1.78300+- 0.17830  0.00000+- 0.00000   0.00+- 0.00   -10.0
BKFC   BKFU        0.64800+- 0.06480  0.00000+- 0.00000   0.00+- 0.00   -10.0
BAPC   BAPU       19.95000+- 2.99250  0.00000+- 0.00000   0.00+- 0.00    -6.7
DBAC   DBAU   *    0.00000<  0.00001  0.00000<  0.00000   0.00<  0.00     0.0
INDC   INDU   *    9.49800+- 1.89960  0.00000+- 0.00000   0.00+- 0.00    -5.0
BGHC   BGHU   *   27.35900+- 5.47180  0.00000+- 0.00000   0.00+- 0.00    -5.0
--------------------------------------------------------------------------------
```

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาวรุ่งนภา รักษาทรัพย์ เกิดวันที่ 2 มีนาคม พ.ศ. 2526 จังหวัดสุราษฎร์ธานี สำเร็จการศึกษาปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร ในปีการศึกษา 2547 และเข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต ที่จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยเมื่อปี พ.ศ. 2548

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย