การรับสัมผัสสารอินทรีย์ระเหยจากสิ่งแวดล้อมของผู้พักอาศัยในเขตกรุงเทพมหานคร

นางสาวสาวิตรี พูลมา

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม (สหสาขาวิชา)
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2548
ISBN 974-53-2978-9
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ENVIRONMENTAL EXPOSURE TO VOLATILE ORGANIC COMPOUNDS (VOCs) OF BANGKOK METROPOLITAN RESIDENTS

Miss Sawithree Poolma

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Science Program in Environmental Science

(Inter-Department)

Graduate School

Chulalongkorn University

Academic Year 2005

ISBN 974-53-2978-9

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การรับสัมผัสสารอินทรีย์ระเหยจากสิ่งแวดล้อมของผู้พักอาศัยในเขตกรุงเทพมหานคร
โดย	นางสาวสาวิตรี พูลมา
สาขาวิชา	วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์ ดร. ทรรศนีย์ พฤกษาสิทธิ์
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	ผศ.ดร. ตุลวิทย์ สถาปนจารุ

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ม.ร.ว. กัลยา ติงศภัทิย์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ชาญวิทย์ โฆษิตานนท์)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(อาจารย์ ดร. ทรรศนีย์ พฤกษาสิทธิ์)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ตุลวิทย์ สถาปนจารุ)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ฉลองขวัญ ตั้งบรรลือกาล)

.....กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.วินัย เลียงเจริญสิทธิ์)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สาวิตรี พูลมา: การรับสัมผัสสารอินทรีย์ระเหยจากสิ่งแวดล้อมของผู้พักอาศัยในเขตกรุงเทพมหานคร (ENVIRONMENTAL EXPOSURE TO VOLATILE ORGANIC COMPOUNDS (VOCs) OF BANGKOK METROPOLITAN RESIDENTS) อ.ที่ปรึกษา: อ. ดร.ทรรศนีย์ พฤกษาสิทธิ์, อ.ที่ปรึกษาร่วม: ผศ. ดร.ตุลวิทย์ สถาปนจารุ, 260 หน้า. ISBN 974-53-2978-9

ศึกษาการรับสัมผัสสารอินทรีย์ระเหย (VOCs) จากสิ่งแวดล้อมของผู้พักอาศัยในเขตกรุงเทพมหานคร โดยการเก็บตัวอย่างสาร VOCs บริเวณริมถนน (Roadside) และพื้นที่ทั่วไป (Non-Roadside) ใน 9 เขตพื้นที่ ได้แก่ เขตพระโขนง ยานนาวา จตุจักร ราชเทวี บางกะปิ บางกอกน้อย บางแค ประเวศ และคันนายาวในระหว่างวันที่ 20-27 กรกฎาคม 2548 ทำการเก็บตัวอย่าง VOCs โดยใช้หลอดเก็บตัวอย่าง passive gas tube เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ซึ่งในแต่ละจุดเก็บตัวอย่างทำการเก็บตัวอย่าง 3 ลักษณะ คือ ภายนอกอาคาร (outdoor) ภายในอาคาร (indoor) และที่บุคคลได้รับสัมผัส (personal) ตัวอย่างที่เก็บได้นำมาสกัดด้วยสารละลาย CS_2 และวิเคราะห์หาชนิด และปริมาณโดย GC/MS จากการศึกษาพบ VOCs จำนวน 16 ชนิด ซึ่งในทุกพื้นที่ศึกษาจะพบ VOCs 6 ชนิดเป็นหลัก ได้แก่ Benzene, Toluene, Ethylbenzene, m-Xylene, p-Xylene และ o-Xylene และมีปริมาณเฉลี่ยอยู่ในช่วงตั้งแต่ 18.9 – 76.1, 60.2 – 213.7, 2.6 – 15.9, 5.7 – 26.2, 4.1 – 21.5 และ 3.7 - 18.9 ไมโครกรัม/ลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ จากการเก็บตัวอย่างสาร VOCs ทั้ง 3 ลักษณะ พบว่า ปริมาณ VOCs ทุกชนิดที่พบบริเวณริมถนนสูงกว่าพื้นที่ทั่วไป ยกเว้น สาร Limonene ที่พบว่า บริเวณพื้นที่ทั่วไปสูงกว่าบริเวณริมถนน จากการเปรียบเทียบปริมาณ VOCs ภายนอกอาคารในแต่ละพื้นที่ศึกษาพบปริมาณสาร VOCs ปริมาณสูงในเขตพระโขนง (ถนนสุขุมวิท) และเขตจตุจักร (ถนนพหลโยธิน) และต่ำที่เขตประเวศ (ถนนศรีนครินทร์) และเขตบางแค (ถนนเพชรเกษม) แต่ปริมาณ VOCs ภายในอาคาร และที่บุคคลได้รับสัมผัสพบว่า มีแนวโน้มที่ไม่สอดคล้องกับ VOCs ที่ปรากฏภายนอกอาคาร เนื่องจากความแตกต่างของลักษณะบ้าน และกิจกรรมของผู้อยู่อาศัย สัดส่วนปริมาณความเข้มข้น VOCs ภายในอาคารเทียบกับภายนอกอาคาร (I/O ratio) ที่พบทั้งหมดของที่พักอาศัยบริเวณริมถนน และพื้นที่ทั่วไป มีค่าประมาณ 0.6 จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณ VOCs ที่ปรากฏบริเวณพื้นที่ภายนอกอาคาร ภายในอาคาร และที่บุคคลทั่วไปได้รับ พบว่า ปริมาณสาร VOCs เกือบทุกชนิดที่ตรวจวัดภายในอาคารมีความสัมพันธ์กับบุคคลได้รับสัมผัสอย่างมีนัยสำคัญ การคาดคะเนปริมาณ VOCs ที่บุคคลได้รับสัมผัสจากสมการ Time Weight Average พบว่าค่าจริงที่ได้จากการตรวจวัดเทียบกับค่าที่ได้จากการคาดคะเน (Po/Pi) มีค่าอยู่ระหว่าง 0.5-0.8 ยกเว้น สาร Limonene

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม (สหสาขาวิชา) ลายมือชื่อนิสิต.....สาวิตรี พูลมา.....
ปีการศึกษา 2548 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....

4689165320: MAJOR ENVIRONMENTAL SCIENCE

KEYWORD: VOCs/OUTDOOR AIR/ INDOOR AIR/ PERSONAL EXPOSURE

SAWITHREE POOLMA: ENVIRONMENTAL EXPOSURE TO VOLATILE ORGANIC COMPOUNDS (VOCs) OF BANGKOK METROPOLITAN RESIDENTS. THESIS ADVISOR: TASSANEE PRUEKSASIT, Ph.D. THESIS CO-ADVISOR: Assist. Prof. TULAWIT SATHAPANACHAROO, Ph.D., 260 pp. ISBN 974-53-2978-9

Environmental exposure to volatile organic compounds (VOCs) of Bangkok metropolitan residents was assigned to study in roadside and non – roadside areas of nine selected districts including Phakhanong, Yannawa, Chatuchak, Rajthavee, Bangkapi, Bangkok Noi, Bangkhae, Prawet and Khanna Yao. The sampling was performed during 20 to 27 July 2005. At each sampling site, three categories of samples were collected, outdoor, indoor and personal. VOCs samples were collected for 24 hours using passive gas tube. Each sample was taken to extracted with CS_2 and to qualitative and quantitative analysis by GC/MS. Sixteen target VOCs could be found and six of those such as Benzene,Toluene, Ethylbenzene, m-Xylene, p-Xylene and o-Xylene were mainly observed in all study areas with the ranges of 18.9 – 76.1, 60.2 – 213.7, 2.6 – 15.9, 5.7 – 26.2, 4.1 – 21.5 and 3.7-18.9 $\mu g/m^3$, respectively. For all samples categories, the results show that VOCs concentrations measured at roadside were relatively higher than those at non-roadside, except limonene which was found at non – roadside higher than at roadside. When compared outdoor VOCs concentration between of all study areas, high level of VOCs was found in Phakhanong (Sukumvit Rd.) and Chatuchak (Phaholyotin Rd.), while the concentration observed at Prawet (Srinakarin Rd.) and Bangkhae (Phetkasem Rd.) was low. However, indoor and personal VOCs concentration were not concoid with those presented at outdoor because difference of house characteristics and residents' activity. Indoor/outdoor (I/O) ratios VOCs concentration of all residential in roadside and non-roadside areas were about 0.6. From analysis on correlation of average VOCs concentration of personal exposure to indoor and to outdoor, statistical significant correlation of personal exposure to indoor was obtained. Predicted personal exposure level (Pi) using Time Weight Average equation showed relatively higher than those observe (Po) which was expressed as *Po/Pi* with the values of 0.5 – 0.8, except limonene.

Field of study Environmental Science (Inter – Department) Student's signature S. Poolma

Academic year 2005 Advisor's signature T. Prueksasit

Co-advisor's signature Tulawit

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความช่วยเหลืออย่างดียิ่งจากหลาย ๆ ฝ่าย ขอกราบขอบพระคุณ อาจารย์ ดร. ทรรศนีย์ พฤกษาสิทธิ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ตุลวิทย์ สถาปนจารุ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ซึ่งท่านได้กรุณาให้คำปรึกษาและแนะนำให้ข้อคิดเห็นต่าง ๆ ดูแลแก้ปัญหาและอุปสรรคที่เกิดขึ้นระหว่างการวิจัย ด้วยดีตลอดมา รวมทั้ง ขอกราบขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ดร. ฉลองขวัญ ตั้งบรรลือกาล และรองศาสตราจารย์ ดร. วินัย เลียงเจริญสิทธิ์ อาจารย์กรรมการที่เข้าฟังการสอบวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาสละเวลาช่วยเหลือในการให้ข้อแนะนำและแก้ไขวิทยานิพนธ์

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้รับทุนและอุปกรณ์การศึกษาส่วนหนึ่งจากโครงการศูนย์วิจัยแห่งชาติด้านการจัดการสิ่งแวดล้อมและของเสียอันตราย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ซึ่งมีอาจารย์ ดร.ทรรศนีย์ พฤกษาสิทธิ์ เป็นผู้วิจัยที่ได้รับทุนวิจัย จึงขอกราบขอบพระคุณ ณ ที่นี้

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้รับความอนุเคราะห์อุปกรณ์การศึกษาส่วนหนึ่งจากศาสตราจารย์ ดร. Yamamoto Kazuo จึงขอกราบขอบพระคุณ ณ ที่นี้ และขอกราบขอบพระคุณโรงแรมบันยันทรีและสหสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยที่สนับสนุนทุนในการทำวิจัย

ขอขอบพระคุณผู้ร่วมเก็บตัวอย่างทุกท่านที่อนุเคราะห์ให้ติดตั้งเครื่องมือเก็บตัวอย่างบริเวณที่พักอาศัย และอำนวยความสะดวกในระหว่างการเก็บตัวอย่าง

ขอขอบพระคุณภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่อนุเคราะห์ให้ใช้เครื่องมือวิเคราะห์ทางเคมี Gas Chromatography/Mass Spectrometry (GC/MS) และภาควิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไป จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยที่อนุเคราะห์ให้ใช้ห้องปฏิบัติการทางเคมีตลอดการทำวิจัย

ขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ทุก ๆ ท่านในสหสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม และขอบคุณเพื่อน ๆ พี่ ๆ และเจ้าหน้าที่ทุกคนที่คอยให้ความช่วยเหลือตลอดการทำวิจัย

ท้ายที่สุดนี้ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ บิดา-มารดา และญาติ ทุกคน ซึ่งสนับสนุนในด้านการเงิน ให้ความรักและคอยให้กำลังใจแก่ผู้วิจัย เสมอมาจนสำเร็จการศึกษา

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

สารบัญ ..... ช

สารบัญตาราง ..... ญ

สารบัญภาพ ..... น

คำย่อ ..... ผ

บทที่

1 บทนำ 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย 1

1.3 ขอบเขตของการศึกษา 2

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 3

2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 4

2.1 บทนำ 4

2.2 ลักษณะสมบัติของ VOCs 4

2.3 การปลดปล่อย VOCs 5

2.4 แหล่งกำเนิดของ VOCs 6

2.5 การกระจายตัวของ VOCs ในบรรยากาศ 10

2.5.1 ความเข้มข้น VOCs ในสิ่งแวดล้อม 10

2.5.2 ปฏิกิริยาเคมี 11

2.6 การได้รับสัมผัส VOCs ของมนุษย์ 12

2.6.1 ผลกระทบต่อสุขภาพ 12

2.6.2 ผลต่อระบบต่างๆ ในร่างกาย 13

2.7 ความเป็นพิษของ VOCs 16

2.7.1 การเป็นสารก่อมะเร็ง 16

2.7.2 การเป็นสารก่อเกิดการกลายพันธุ์ 16

2.7.3 การเสริมพิษ/การต่อต้านพิษ 16

2.8 ค่ามาตรฐานของ VOCs ต่างๆที่อนุญาตให้มีในอากาศ 17

2.9 การป้องกันและแก้ไขปัญหาที่เกิดจาก VOCs 18

หน้า

2.10 หลักการเก็บตัวอย่าง VOCs 18
2.10.1 Active sampling 18
2.10.2 Passive sampling 21
2.11 หลักการวิเคราะห์ตัวอย่าง VOCs 22
2.12 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 24
3 วิธีดำเนินการวิจัย 28
3.1 พื้นที่ทำการศึกษา 28
3.1.1 เกณฑ์กำหนดพื้นที่ศึกษา 28
3.2 อุปกรณ์การเก็บตัวอย่างและเครื่องมือวิเคราะห์ตัวอย่าง 34
3.2.1 อุปกรณ์การเก็บตัวอย่าง 34
3.2.2 เครื่องมือวิเคราะห์ตัวอย่าง 36
3.3 วิธีการดำเนินการศึกษา 37
3.3.1 การวิเคราะห์ชนิดและปริมาณของ VOCs 37
3.3.2 การทดสอบวิธีการสกัดสาร VOCs โดยทำ recovery test 38
3.3.3 การหาความสัมพันธ์ระหว่างวิธีการเก็บแบบ passive และ active 39
3.3.4 การเก็บตัวอย่าง 41
3.3.5 ขั้นตอนการวิเคราะห์ข้อมูล 42
3.3.6 สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ 43
4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล 44
4.1 การทดลองเบื้องต้น 44
4.2 ชนิดและปริมาณของ VOCs ในเขตกรุงเทพมหานคร 55
4.2.1 ชนิดของ VOCsในเขตกรุงเทพมหานคร 55
4.2.2 ผลการวิเคราะห์ปริมาณของ VOCs ที่ตรวจพบในเขตกรุงเทพมหานคร 58
4.2.3 การเปรียบเทียบปริมาณความเข้มข้นของสาร VOCs แต่ละชนิด ในเขตกรุงเทพมหานคร 86
4.2.4 การเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐาน 142
4.2.5 การเปรียบเทียบสัดส่วนปริมาณความเข้มข้นภายใน/ภายนอกที่พักอาศัย (I/O ratio) จากชนิด VOCs ทั้งหมด 143
4.3 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ (Correlation) ระหว่างปริมาณ VOCs ที่ปรากฏบริเวณ ภายในและภายนอกอาคาร และที่บุคคลได้รับ 147
4.4 การคาดคะเนปริมาณ VOCs โดยใช้สมการของ Time Weight Average 150

หน้า

4.5 การวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบสอบถาม 157
5 สรุป และข้อเสนอแนะ 177
5.1 สรุปผลการศึกษา 177
5.2 ข้อเสนอแนะ 179
รายการอ้างอิง 180
ภาคผนวก
ภาคผนวก ก 184
ภาคผนวก ข 195
ภาคผนวก ค 226
ภาคผนวก ง 243
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์ 260

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

2.1 ปริมาณ VOCs ที่แยกการจราจร 2 แห่งในเขตกรุงเทพมหานคร 7
2.2 ชนิดและปริมาณของ VOCs ในสถานที่กำจัดขยะมูลฝอยแบบเปิด 8
2.3 แหล่งกำเนิดสาร VOCs ที่สามารถตรวจพบได้ภายนอกอาคารและภายในอาคาร 10
2.4 ปริมาณความเข้มข้นของ VOCs แต่ละชนิดบริเวณริมถนน 4 แห่ง ในเขตกรุงเทพมหานคร 11
2.5 ตัวอย่างสาร VOCs บางชนิดที่มีผลกระทบต่อระบบเนื้อเยื่อ และเป็นอันตรายต่อสุขภาพ 15
2.6 สาร VOCs ที่เป็นสารก่อมะเร็ง (carcinogen) และสารส่งเสริม การเกิดเนื้องอก (tumor promoter) และชนิดของมะเร็ง 16
2.7 ค่ามาตรฐานของ VOCs ที่อนุญาตให้มีในอากาศ 17
3.1 พื้นที่ในการเก็บตัวอย่างบริเวณที่พักอาศัยในเขตกรุงเทพมหานคร 28
3.2 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของคอลัมน์ที่ใช้ในการวิเคราะห์สารตัวอย่าง VOCs 37
4.1 Retention time และ m/z ของสารละลายมาตรฐาน VOCs 46
4.2 ค่า R^2 ของ VOCs 41 ชนิดจากการสร้าง Calibration curve 48
4.3 ค่า LOD ของสารละลายมาตรฐาน VOCs 41 ชนิด 50
4.4 ผลการทดสอบเปอร์เซนต์ Recovery ของ volatile organic compounds 51
4.5 สมการความสัมพันธ์ระหว่างวิธีการเก็บแบบ passive sampling และ active sampling 53
4.6 ชนิดสารประกอบ VOCs ที่พบในบริเวณที่พักอาศัยและที่บุคคลได้รับ ในเขตกรุงเทพมหานคร 56
4.7 สภาพทางอุตุนิยมวิทยาในเขตกรุงเทพมหานครในช่วงหนึ่งสัปดาห์ ระหว่างวันที่ 20 ถึง 27 กรกฎาคม 2548 85
4.8 ปริมาณเฉลี่ยของ Benzene บริเวณที่พักอาศัยที่อยู่ริมถนน (roadside) และพื้นที่ทั่วไป (non-roadside) ใน 9 พื้นที่ในเขตกรุงเทพมหานคร ($\mu g/m^3$) 87
4.9 ปริมาณเฉลี่ยของ Toluene บริเวณที่พักอาศัยที่อยู่ริมถนน (roadside) และพื้นที่ทั่วไป (non-roadside) ใน 9 พื้นที่ในเขตกรุงเทพมหานคร ($\mu g/m^3$) 92
4.10 ปริมาณเฉลี่ยของ Ethylbenzene บริเวณที่พักอาศัยที่อยู่ริมถนน (roadside) และพื้นที่ทั่วไป (non-roadside) ใน 9 พื้นที่ในเขตกรุงเทพมหานคร ($\mu g/m^3$) 96

ตารางที่ หน้า

4.11 ปริมาณเฉลี่ยของ m-Xylene บริเวณที่พักอาศัยที่อยู่ริมถนน (roadside) และพื้นที่ทั่วไป (non-roadside) ใน 9 พื้นที่ในเขตกรุงเทพมหานคร ($\mu g/m^3$) 101
4.12 ปริมาณเฉลี่ยของ p-Xylene บริเวณที่พักอาศัยที่อยู่ริมถนน (roadside) และพื้นที่ทั่วไป (non-roadside) ใน 9 พื้นที่ในเขตกรุงเทพมหานคร ($\mu g/m^3$) 103
4.13 ปริมาณเฉลี่ยของ o-Xylene บริเวณที่พักอาศัยที่อยู่ริมถนน (roadside) และพื้นที่ทั่วไป (non-roadside) ใน 9 พื้นที่ในเขตกรุงเทพมหานคร ($\mu g/m^3$) 108
4.14 ปริมาณเฉลี่ยของ 3-Ethyltoluene บริเวณที่พักอาศัยที่อยู่ริมถนน (roadside) และพื้นที่ทั่วไป (non-roadside) ใน 9 พื้นที่ในเขตกรุงเทพมหานคร ($\mu g/m^3$) 112
4.15 ปริมาณเฉลี่ยของ 4-Ethyltoluene บริเวณที่พักอาศัยที่อยู่ริมถนน (roadside) และพื้นที่ทั่วไป (non-roadside) ใน 9 พื้นที่ในเขตกรุงเทพมหานคร ($\mu g/m^3$) 115
4.16 ปริมาณเฉลี่ยของ 1,3,5-Trimethylbenzene บริเวณที่พักอาศัยที่อยู่ริมถนน (roadside) และพื้นที่ทั่วไป (non-roadside) ใน 9 พื้นที่ในเขตกรุงเทพมหานคร ($\mu g/m^3$) 118
4.17 ปริมาณเฉลี่ยของ Decane บริเวณที่พักอาศัยที่อยู่ริมถนน (roadside) และพื้นที่ทั่วไป (non-roadside) ใน 9 พื้นที่ในเขตกรุงเทพมหานคร ($\mu g/m^3$) 120
4.18 ปริมาณเฉลี่ยของ1,2,4-Trimethylbenzene บริเวณที่พักอาศัยที่อยู่ริมถนน (roadside) และพื้นที่ทั่วไป (non-roadside) ใน 9 พื้นที่ในเขตกรุงเทพมหานคร ($\mu g/m^3$) 124
4.19 ปริมาณเฉลี่ยของ1,4-Dichlorobenzene บริเวณที่พักอาศัยที่อยู่ริมถนน (roadside) และพื้นที่ทั่วไป (non-roadside) ใน 9 พื้นที่ในเขตกรุงเทพมหานคร ($\mu g/m^3$) 128
4.20 ปริมาณเฉลี่ยของ1,2,3-Trimethylbenzene บริเวณที่พักอาศัยที่อยู่ริมถนน (roadside) และพื้นที่ทั่วไป (non-roadside) ใน 9 พื้นที่ในเขตกรุงเทพมหานคร ($\mu g/m^3$) 131
4.21 ปริมาณเฉลี่ยของLimonene บริเวณที่พักอาศัยที่อยู่ริมถนน (roadside) และพื้นที่ทั่วไป (non-roadside) ใน 9 พื้นที่ในเขตกรุงเทพมหานคร ($\mu g/m^3$) 134
4.22 ปริมาณความเข้มข้นของสารอินทรีย์ระเหยในเขตกรุงเทพมหานคร 137
4.23 ปริมาณความเข้มข้นของสารอินทรีย์ระเหยเขตเมืองในแถบภูมิภาคเอเชีย 137
4.24 ปริมาณความเข้มข้นของสารอินทรีย์ระเหยภายในอาคาร ที่พักอาศัยจาก 6 เมือง 138
4.25 การเปรียบเทียบปริมาณการรับสัมผัส VOCs ($\mu g/m^3$) ของบุคคลทั่วไป ในเขตกรุงเทพมหานคร และเขตเมืองในแถบภูมิภาคเอเชีย 138
4.26 การเปรียบเทียบปริมาณการรับสัมผัส VOCs ($\mu g/m^3$) ของบุคคลทั่วไป ในเขตเมืองในแถบละตินอเมริกา 139
4.27 ปริมาณการจราจร (ไม่รวมรถจักรยานยนต์) บริเวณ 9 ถนนของพื้นที่ศึกษา 140

ตารางที่ หน้า

4.28 ปริมาณสาร Benzene ที่ตรวจพบเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐาน
โดยองค์การอนามัยโลก (WHO) 142
4.29 การเปรียบเทียบค่าความเข้มข้นของสารอินทรีย์ระเหยบางชนิด
กับค่ามาตรฐานที่ได้ในบรรยากาศ 143
4.30 การเปรียบเทียบสัดส่วนปริมาณความเข้มข้นภายใน/ภายนอกที่พักอาศัย
(I/O ratio) ที่อยู่ริมถนน (roadside) 145
4.31 การเปรียบเทียบสัดส่วนปริมาณความเข้มข้นภายใน/ภายนอกที่พักอาศัย
(I/O ratio) ในพื้นที่ทั่วไป (non-roadside) 146
4.32 ความสัมพันธ์ (Correlation) ระหว่างปริมาณ VOCs ที่ปรากฏบริเวณพื้นที่
ภายใน (indoor) ภายนอกอาคาร (outdoor) และที่บุคคลทั่วไป (personal) ได้รับ
ในบริเวณที่พักอาศัยที่อยู่ริมถนน (roadside) 148
4.33 ความสัมพันธ์ (Correlation) ระหว่างปริมาณ VOCs ที่ปรากฏบริเวณพื้นที่
ภายใน (indoor) ภายนอกอาคาร (outdoor) และที่บุคคลทั่วไป (personal) ได้รับ
ในพื้นที่ทั่วไป (non-roadside) 149
4.34 การเปรียบเทียบปริมาณจากการรับสัมผัสจริงกับการคำนวณ
โดยใช้สมการ Time Weight Average 153
4.35 Binomial Test ของบ้านของผู้ร่วมเก็บตัวอย่าง VOCs มีที่ตั้งห่างจากโรงงาน 163
4.36 Binomial Test ของบ้านของผู้ร่วมเก็บตัวอย่าง VOCs ทั้งหมด
มีโรงรถติดกับประตูทางเข้าบ้าน 169
4.37 Binomial Test ของบ้านของผู้ร่วมเก็บตัวอย่าง VOCs
ที่มีการใช้เครื่องปรับอากาศในฤดูร้อน 170
4.38 Binomial Test ของบ้านของผู้ร่วมเก็บตัวอย่าง VOCs
มีการหุงต้มในบ้านมีพัดลมระบายอากาศและไม่มีพัดลมระบายอากาศ 173
ตาราง ก-1 ผลจากการทดสอบวิธีการสกัดโดยใช้ Recovery test 190
ตาราง ก-2 ผลจากการหาความสัมพันธ์ระหว่างวิธีการเก็บแบบ
passive sampler และactive sampler 193
ตาราง ข-1.1 ปริมาณความเข้มข้นของสารอินทรีย์ระเหยภายนอกอาคารจากบ้าน
ที่ติดถนนสุขุมวิท (SK1) เขตพระโขนง กรุงเทพมหานคร
ใน 1 สัปดาห์ 196

ตารางที่ หน้า

ตาราง ข-1.2 ปริมาณความเข้มข้นของสารอินทรีย์ระเหยภายในอาคารจากบ้าน
ที่ติดถนนสุขุมวิท (SK-RD1) เขตพระโขนง กรุงเทพมหานคร
ใน 1 สัปดาห์ 196
ตาราง ข-1.3 ปริมาณความเข้มข้นของสารอินทรีย์ระเหยที่บุคคลได้รับสัมผัสจากบ้าน
ที่ติดถนนสุขุมวิท (SK1-RD) เขตพระโขนง กรุงเทพมหานคร
ใน 1 สัปดาห์ 197
ตาราง ข-1.4 ปริมาณความเข้มข้นของสารอินทรีย์ระเหยภายนอกอาคารจากบ้าน
ในพื้นที่ทั่วไป (SK2-NR) เขตพระโขนง กรุงเทพมหานคร
ใน 1 สัปดาห์ 197
ตาราง ข-1.5 ปริมาณความเข้มข้นของสารอินทรีย์ระเหยภายในอาคารจากบ้าน
ในพื้นที่ทั่วไป (SK2-NR) เขตพระโขนง กรุงเทพมหานคร
ใน 1 สัปดาห์ 198
ตาราง ข-1.6 ปริมาณความเข้มข้นของสารอินทรีย์ระเหยที่บุคคลได้รับสัมผัสจากบ้าน
ในพื้นที่ทั่วไป (SK2-NR) เขตพระโขนงกรุงเทพมหานคร
ใน 1 สัปดาห์ 198
ตาราง ข-2.1 ปริมาณความเข้มข้นของสารอินทรีย์ระเหยภายนอกอาคารจากบ้าน
ที่ติดถนนพระราม 3 (PR1-RD) เขตยานนาวา กรุงเทพมหานคร
ใน 1 สัปดาห์ 199
ตาราง ข-2.2 ปริมาณความเข้มข้นของสารอินทรีย์ระเหยภายในอาคารจากบ้าน
ที่ติดถนนพระราม 3 (PR1-RD) เขตยานนาวา กรุงเทพมหานคร
ใน 1 สัปดาห์ 199
ตาราง ข-2.3 ปริมาณความเข้มข้นของสารอินทรีย์ระเหยที่บุคคลได้รับสัมผัสจากบ้าน
ที่ติดถนนพระราม 3 (PR1-RD) เขตยานนาวา กรุงเทพมหานคร
ใน 1 สัปดาห์ 200
ตาราง ข-2.4 ปริมาณความเข้มข้นของสารอินทรีย์ระเหยภายนอกอาคารจากบ้าน
ในพื้นที่ทั่วไป (PR 2-NR) เขตยานนาวา กรุงเทพมหานคร
ใน 1 สัปดาห์ 200
ตาราง ข-2.5 ปริมาณความเข้มข้นของสารอินทรีย์ระเหยภายในอาคารจากบ้าน
ในพื้นที่ทั่วไป (PR 2-NR) เขตยานนาวา กรุงเทพมหานคร
ใน 1 สัปดาห์ 201

ตารางที่ หน้า

ตาราง ข-2.6 ปริมาณความเข้มข้นของสารอินทรีย์ระเหยที่บุคคลได้รับสัมผัสจากบ้าน ในพื้นที่ทั่วไป (PR 2-NR) เขตยานนาวา กรุงเทพมหานคร ใน 1 สัปดาห์ 201
ตาราง ข-3.1 ปริมาณความเข้มข้นของสารอินทรีย์ระเหยภายนอกอาคารจากบ้าน ที่ติดถนนพหลโยธิน (PT1-RD) เขตจตุจักร กรุงเทพมหานคร ใน 1 สัปดาห์ 202
ตาราง ข-3.2 ปริมาณความเข้มข้นของสารอินทรีย์ระเหยภายในอาคารจากบ้าน ที่ติดถนนพหลโยธิน (PT1-RD) เขตจตุจักร กรุงเทพมหานคร ใน 1 สัปดาห์ 202
ตาราง ข-3.3 ปริมาณความเข้มข้นของสารอินทรีย์ระเหยที่บุคคลได้รับสัมผัสจากบ้าน ที่ติดถนนพหลโยธิน (PT1-RD) เขตจตุจักร กรุงเทพมหานคร ใน 1 สัปดาห์ 203
ตาราง ข-3.4 ปริมาณความเข้มข้นของสารอินทรีย์ระเหยภายนอกอาคารจากบ้าน ในพื้นที่ทั่วไป (PT 2-NR) เขตจตุจักร กรุงเทพมหานคร ใน 1 สัปดาห์ 203
ตาราง ข-3.5 ปริมาณความเข้มข้นของสารอินทรีย์ระเหยภายในอาคารจากบ้าน ในพื้นที่ทั่วไป (PT 2-NR) เขตจตุจักร กรุงเทพมหานคร ใน 1 สัปดาห์ 204
ตาราง ข-3.6 ปริมาณความเข้มข้นของสารอินทรีย์ระเหยที่บุคคลได้รับสัมผัสจากบ้าน ในพื้นที่ทั่วไป (PT 2-NR) เขตจตุจักร กรุงเทพมหานคร ใน 1 สัปดาห์ 204
ตาราง ข-4.1 ปริมาณความเข้มข้นของสารอินทรีย์ระเหยภายนอกอาคารจากบ้าน ที่ติดถนนพญาไท (PY1-RD) เขตราชเทวี กรุงเทพมหานคร ใน 1 สัปดาห์ 205
ตาราง ข-4.2 ปริมาณความเข้มข้นของสารอินทรีย์ระเหยภายในอาคารจากบ้าน ที่ติดถนนพญาไท (PY1-RD) เขตราชเทวี กรุงเทพมหานคร ใน 1 สัปดาห์ 205
ตาราง ข-4.3 ปริมาณความเข้มข้นของสารอินทรีย์ระเหยที่บุคคลได้รับสัมผัสจากบ้าน ที่ติดถนนพญาไท (PY1-RD) เขตราชเทวี กรุงเทพมหานคร ใน 1 สัปดาห์ 206

ตารางที่ หน้า

ตาราง ข-4.4 ปริมาณความเข้มข้นของสารอินทรีย์ระเหยภายนอกอาคารจากบ้าน
ในพื้นที่ทั่วไป (PY 2-NR) เขตราชเทวี กรุงเทพมหานคร
ใน 1 สัปดาห์ 206
ตาราง ข-4.5 ปริมาณความเข้มข้นของสารอินทรีย์ระเหยภายในอาคารจากบ้าน
ในพื้นที่ทั่วไป (PY 2-NR) เขตราชเทวี กรุงเทพมหานคร
ใน 1 สัปดาห์ 207
ตาราง ข-4.6 ปริมาณความเข้มข้นของสารอินทรีย์ระเหยที่บุคคลได้รับสัมผัสจากบ้าน
ในพื้นที่ทั่วไป (PY 2-NR) เขตราชเทวี กรุงเทพมหานคร
ใน 1 สัปดาห์ 207
ตาราง ข-5.1 ปริมาณความเข้มข้นของสารอินทรีย์ระเหยภายนอกอาคารจากบ้าน
ที่ติดถนนลาดพร้าว (LP1-RD) เขตบางกะปิ กรุงเทพมหานคร
ใน 1 สัปดาห์ 208
ตาราง ข-5.2 ปริมาณความเข้มข้นของสารอินทรีย์ระเหยภายในอาคารจากบ้าน
ที่ติดถนนลาดพร้าว (LP1-RD) เขตบางกะปิ กรุงเทพมหานคร
ใน 1 สัปดาห์ 208
ตาราง ข-5.3 ปริมาณความเข้มข้นของสารอินทรีย์ระเหยที่บุคคลได้รับสัมผัสจากบ้าน
ที่ติดถนนลาดพร้าว (LP1-RD) เขตบางกะปิ กรุงเทพมหานคร
ใน 1 สัปดาห์ 209
ตาราง ข-5.4 ปริมาณความเข้มข้นของสารอินทรีย์ระเหยภายนอกอาคารจากบ้าน
ในพื้นที่ทั่วไป (LP 2-NR) เขตบางกะปิ กรุงเทพมหานคร
ใน 1 สัปดาห์ 209
ตาราง ข-5.5 ปริมาณความเข้มข้นของสารอินทรีย์ระเหยภายในอาคารจากบ้าน
ในพื้นที่ทั่วไป (LP 2-NR) เขตบางกะปิ กรุงเทพมหานคร
ใน 1 สัปดาห์ 210
ตาราง ข-5.6 ปริมาณความเข้มข้นของสารอินทรีย์ระเหยที่บุคคลได้รับสัมผัสจากบ้าน
ในพื้นที่ทั่วไป (LP 2-NR) เขตบางกะปิ กรุงเทพมหานคร
ใน 1 สัปดาห์ 210
ตาราง ข-6.1 ปริมาณความเข้มข้นของสารอินทรีย์ระเหยภายนอกอาคารจากบ้าน
ที่ติดถนนจรัญสนิทวงศ์ (JW1-RD) เขตบางกอกน้อย กรุงเทพมหานคร
ใน 1 สัปดาห์ 211

ตารางที่ หน้า

ตาราง ข-6.2 ปริมาณความเข้มข้นของสารอินทรีย์ระเหยภายในอาคารจากบ้าน
ที่ติดถนนจรัญสนิทวงศ์ (JW1-RD) เขตบางกอกน้อย กรุงเทพมหานคร
ใน 1 สัปดาห์ 211
ตาราง ข-6.3 ปริมาณความเข้มข้นของสารอินทรีย์ระเหยที่บุคคลได้รับสัมผัสจากบ้าน
ที่ติดถนนจรัญสนิทวงศ์ (JW1-RD) เขตบางกอกน้อย กรุงเทพมหานคร
ใน 1 สัปดาห์ 212
ตาราง ข-6.4 ปริมาณความเข้มข้นของสารอินทรีย์ระเหยภายนอกอาคารจากบ้าน
ในพื้นที่ทั่วไป (JW 2-NR)เขตบางกอกน้อย กรุงเทพมหานคร
ใน 1 สัปดาห์ 212
ตาราง ข-6.5 ปริมาณความเข้มข้นของสารอินทรีย์ระเหยภายในอาคารจากบ้าน
ในพื้นที่ทั่วไป (JW 2-NR) เขตบางกอกน้อย กรุงเทพมหานคร
ใน 1 สัปดาห์ 213
ตาราง ข-6.6 ปริมาณความเข้มข้นของสารอินทรีย์ระเหยที่บุคคลได้รับสัมผัสจากบ้าน
ในพื้นที่ทั่วไป (JW 2-NR) เขตบางกอกน้อย กรุงเทพมหานคร
ใน 1 สัปดาห์ 213
ตาราง ข-7.1 ปริมาณความเข้มข้นของสารอินทรีย์ระเหยภายนอกอาคารจากบ้าน
ที่ติดถนนเพชรเกษม (PK1-RD) เขตบางแค กรุงเทพมหานคร
ใน 1 สัปดาห์ 214
ตาราง ข-7.2 ปริมาณความเข้มข้นของสารอินทรีย์ระเหยภายในอาคารจากบ้าน
ที่ติดถนนเพชรเกษม (PK1-RD) เขตบางแค กรุงเทพมหานคร
ใน 1 สัปดาห์ 214
ตาราง ข-7.3 ปริมาณความเข้มข้นของสารอินทรีย์ระเหยที่บุคคลได้รับสัมผัสจากบ้าน
ที่ติดถนนเพชรเกษม (PK1-RD) เขตบางแค กรุงเทพมหานคร
ใน 1 สัปดาห์ 215
ตาราง ข-7.4 ปริมาณความเข้มข้นของสารอินทรีย์ระเหยภายนอกอาคารจากบ้าน
ในพื้นที่ทั่วไป (PK 2-NR) เขตบางแค กรุงเทพมหานคร
ใน 1 สัปดาห์ 215
ตาราง ข-7.5 ปริมาณความเข้มข้นของสารอินทรีย์ระเหยภายในอาคารจากบ้าน
ในพื้นที่ทั่วไป (PK 2-NR) เขตบางแค กรุงเทพมหานคร
ใน 1 สัปดาห์ 216

ตารางที่ หน้า

ตาราง ข-7.6 ปริมาณความเข้มข้นของสารอินทรีย์ระเหยที่บุคคลได้รับสัมผัสจากบ้าน ในพื้นที่ทั่วไป (PK 2-NR) เขตบางแค กรุงเทพมหานคร ใน 1 สัปดาห์ 216
ตาราง ข-8.1 ปริมาณความเข้มข้นของสารอินทรีย์ระเหยภายนอกอาคารจากบ้าน ที่ติดถนนศรีนครินทร์ (SR1-RD) เขตประเวศ กรุงเทพมหานคร ใน 1 สัปดาห์ 217
ตาราง ข-8.2 ปริมาณความเข้มข้นของสารอินทรีย์ระเหยภายในอาคารจากบ้าน ที่ติดถนนศรีนครินทร์ (SR1-RD) เขตประเวศ กรุงเทพมหานคร ใน 1 สัปดาห์ 217
ตาราง ข-8.3 ปริมาณความเข้มข้นของสารอินทรีย์ระเหยที่บุคคลได้รับสัมผัสจากบ้าน ที่ติดถนนศรีนครินทร์ (SR1-RD) เขตประเวศ กรุงเทพมหานคร ใน 1 สัปดาห์ 218
ตาราง ข-8.4 ปริมาณความเข้มข้นของสารอินทรีย์ระเหยภายนอกอาคารจากบ้าน ในพื้นที่ทั่วไป (SR 2-NR) เขตประเวศ กรุงเทพมหานคร ใน 1 สัปดาห์ 218
ตาราง ข-8.5 ปริมาณความเข้มข้นของสารอินทรีย์ระเหยภายในอาคารจากบ้าน ในพื้นที่ทั่วไป (SR 2-NR) เขตประเวศ กรุงเทพมหานคร ใน 1 สัปดาห์ 219
ตาราง ข-8.6 ปริมาณความเข้มข้นของสารอินทรีย์ระเหยที่บุคคลได้รับสัมผัสจากบ้าน ในพื้นที่ทั่วไป (SR 2-NR) เขตประเวศ กรุงเทพมหานคร ใน 1 สัปดาห์ 219
ตาราง ข-9.1 ปริมาณความเข้มข้นของสารอินทรีย์ระเหยภายนอกอาคารจากบ้าน ที่ติดถนนรามอินทรา (RT1-RD) เขตคันนายาว กรุงเทพมหานคร ใน 1 สัปดาห์ 220
ตาราง ข-9.2 ปริมาณความเข้มข้นของสารอินทรีย์ระเหยภายในอาคารจากบ้าน ที่ติดถนนรามอินทรา (RT1-RD) เขตคันนายาว กรุงเทพมหานคร ใน 1 สัปดาห์ 220
ตาราง ข-9.3 ปริมาณความเข้มข้นของสารอินทรีย์ระเหยที่บุคคลได้รับสัมผัสจากบ้าน ที่ติดถนนรามอินทรา (RT1-RD) เขตคันนายาว กรุงเทพมหานคร ใน 1 สัปดาห์ 221

ตารางที่ หน้า

ตาราง ข-9.4 ปริมาณความเข้มข้นของสารอินทรีย์ระเหยภายนอกอาคารจากบ้าน ในพื้นที่ทั่วไป (RT 2-NR) เขตคันนายาว กรุงเทพมหานคร ใน 1 สัปดาห์ 221
ตาราง ข-9.5 ปริมาณความเข้มข้นของสารอินทรีย์ระเหยภายในอาคารจากบ้าน ในพื้นที่ทั่วไป (RT 2-NR) เขตคันนายาว กรุงเทพมหานคร ใน 1 สัปดาห์ 222
ตาราง ข-9.6 ปริมาณความเข้มข้นของสารอินทรีย์ระเหยที่บุคคลได้รับสัมผัสจากบ้าน ในพื้นที่ทั่วไป (RT 2-NR) เขตคันนายาว กรุงเทพมหานคร ใน 1 สัปดาห์ 222
ตาราง ข-10.1 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยปริมาณ VOCs จากการเก็บตัวอย่างภายนอกอาคาร จากบ้านติดถนน (roadside) ในเขตกรุงเทพมหานคร 223
ตาราง ข-10.2 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยปริมาณVOCs จากการเก็บตัวอย่างภายในอาคาร จากบ้านที่ติดถนน (roadside) ในเขตกรุงเทพมหานคร 223
ตาราง ข-10.3 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยปริมาณVOCs จากการเก็บตัวอย่างที่บุคคล ได้รับสัมผัสจากบ้านที่ติดถนน(roadside) ในเขตกรุงเทพมหานคร 224
ตาราง ข-10.4 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยปริมาณ VOCs จากการเก็บตัวอย่างภายนอกอาคาร จากบ้านในพื้นที่ทั่วไป (non-roadside) ในเขตกรุงเทพมหานคร 224
ตาราง ข-10.5 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยปริมาณVOCs จากการเก็บตัวอย่างภายในอาคาร จากบ้านในพื้นที่ทั่วไป (non-roadside) ในเขตกรุงเทพมหานคร 225
ตาราง ข-10.6 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยปริมาณVOCs จากการเก็บตัวอย่างที่บุคคลได้รับ สัมผัสจากบ้านในพื้นที่ทั่วไป (non-roadside) ในเขตกรุงเทพมหานคร 225
ตาราง ค-1 รายละเอียดปริมาณ Benzene ภายนอกอาคาร ในแต่ละพื้นที่ศึกษา roadsideทั้งหมด 9 พื้นที่ 227
ตาราง ค-2 Test of Homogeneity of Variancesปริมาณ Benzene ภายนอกอาคาร ในแต่ละพื้นที่ศึกษา roadsideทั้งหมด 9 พื้นที่ 227
ตาราง ค-3 ANOVA ปริมาณ Benzene ภายนอกอาคาร ในแต่ละพื้นที่ศึกษา roadsideทั้งหมด 9 พื้นที่ 227
ตาราง ค-4 รายละเอียดปริมาณ Benzene ภายในอาคาร ในแต่ละพื้นที่ศึกษา roadsideทั้งหมด 9 พื้นที่ 228
ตาราง ค-5 Test of Homogeneity of Variancesปริมาณ Benzene ภายในอาคาร ในแต่ละพื้นที่ศึกษา roadsideทั้งหมด 9 พื้นที่ 228

ตารางที่ หน้า

ตาราง ค-6 ANOVA ปริมาณ Benzene ภายในอาคาร
ในแต่ละพื้นที่ศึกษา roadsideทั้งหมด 9 พื้นที่ 228
ตาราง ค-7 รายละเอียดปริมาณ Benzene ที่บุคคลได้รับสัมผัส
ในแต่ละพื้นที่ศึกษา roadsideทั้งหมด 9 พื้นที่ 229
ตาราง ค-8 Test of Homogeneity of Variancesปริมาณ Benzene ที่บุคคลได้รับสัมผัส
ในแต่ละพื้นที่ศึกษา roadsideทั้งหมด 9 พื้นที่ 229
ตาราง ค-9 ANOVA ปริมาณ Benzene ที่บุคคลได้รับสัมผัส
ในแต่ละพื้นที่ศึกษา roadsideทั้งหมด 9 พื้นที่ 229
ตาราง ค-10 รายละเอียดปริมาณ Benzene ภายนอกอาคาร
ในแต่ละพื้นที่ศึกษา non-roadsideทั้งหมด 9 พื้นที่ 230
ตาราง ค-11 Test of Homogeneity of Variancesปริมาณ Benzene ภายนอกอาคาร
ในแต่ละพื้นที่ศึกษา non-roadsideทั้งหมด 9 พื้นที่ 230
ตาราง ค-12 ANOVA ปริมาณ Benzene ภายนอกอาคาร
ในแต่ละพื้นที่ศึกษา non-roadsideทั้งหมด 9 พื้นที่ 230
ตาราง ค-13 รายละเอียดปริมาณ Benzene ภายในอาคาร
ในแต่ละพื้นที่ศึกษา non-roadsideทั้งหมด 9 พื้นที่ 231
ตาราง ค-14 Test of Homogeneity of Variancesปริมาณ Benzene ภายในอาคาร
ในแต่ละพื้นที่ศึกษา non-roadsideทั้งหมด 9 พื้นที่ 231
ตาราง ค-15 ANOVA ปริมาณ Benzene ภายในอาคาร
ในแต่ละพื้นที่ศึกษา non-roadsideทั้งหมด 9 พื้นที่ 231
ตาราง ค-16 รายละเอียดปริมาณ Benzene ที่บุคคลได้รับสัมผัส
ในแต่ละพื้นที่ศึกษา non-roadsideทั้งหมด 9 พื้นที่ 232
ตาราง ค-17 Test of Homogeneity of Variancesปริมาณ Benzene ที่บุคคลได้รับสัมผัส
ในแต่ละพื้นที่ศึกษา non-roadsideทั้งหมด 9 พื้นที่ 232
ตาราง ค-18 ANOVA ปริมาณ Benzene ที่บุคคลได้รับสัมผัส
ในแต่ละพื้นที่ศึกษา non-roadsideทั้งหมด 9 พื้นที่ 232
ตาราง ค-19 การเปรียบเทียบปริมาณ Benzene
ในแต่ละพื้นที่ศึกษาทั้งหมด 9 พื้นที่ 233
ตาราง ค-20 ความสัมพันธ์ (Correlation) ระหว่างปริมาณ Benzene ที่ปรากฏ
บริเวณพื้นที่ภายใน ภายนอกอาคาร และที่บุคคลทั่วไปได้รับ 236

ตารางที่ หน้า

ตาราง ค-21 ความสัมพันธ์ (Correlation) ระหว่างปริมาณ Toluene ที่ปรากฏ
บริเวณพื้นที่ภายใน ภายนอกอาคาร และที่บุคคลทั่วไปได้รับ 236
ตาราง ค-22 ความสัมพันธ์ (Correlation) ระหว่างปริมาณ Ethylbenzene ที่ปรากฏ
บริเวณพื้นที่ภายใน ภายนอกอาคาร และที่บุคคลทั่วไปได้รับ 237
ตาราง ค-23 ความสัมพันธ์ (Correlation) ระหว่างปริมาณ m-Xylene ที่ปรากฏ
บริเวณพื้นที่ภายใน ภายนอกอาคาร และที่บุคคลทั่วไปได้รับ 237
ตาราง ค-24 ความสัมพันธ์ (Correlation) ระหว่างปริมาณ p-Xylene ที่ปรากฏ
บริเวณพื้นที่ภายใน ภายนอกอาคาร และที่บุคคลทั่วไปได้รับ 238
ตาราง ค-25 ความสัมพันธ์ (Correlation) ระหว่างปริมาณ o-Xylene ที่ปรากฏ
บริเวณพื้นที่ภายใน ภายนอกอาคาร และที่บุคคลทั่วไปได้รับ 238
ตาราง ค-26 ความสัมพันธ์ (Correlation) ระหว่างปริมาณ 3-Ethyltoluene ที่ปรากฏ
บริเวณพื้นที่ภายใน ภายนอกอาคาร และที่บุคคลทั่วไปได้รับ 239
ตาราง ค-27 ความสัมพันธ์ (Correlation) ระหว่างปริมาณ 4-Ethyltoluene ที่ปรากฏ
บริเวณพื้นที่ภายใน ภายนอกอาคาร และที่บุคคลทั่วไปได้รับ 239
ตาราง ค-28 ความสัมพันธ์ (Correlation) ระหว่างปริมาณ 1,3,5-Trimethylbenzene
ที่ปรากฏบริเวณพื้นที่ภายใน ภายนอกอาคาร และที่บุคคลทั่วไปได้รับ 240
ตาราง ค-29 ความสัมพันธ์ (Correlation) ระหว่างปริมาณ Decane ที่ปรากฏ
บริเวณพื้นที่ภายใน ภายนอกอาคาร และที่บุคคลทั่วไปได้รับ 240
ตาราง ค-30 ความสัมพันธ์ (Correlation) ระหว่างปริมาณ 1,2,4-Trimethylbenzene
ที่ปรากฏบริเวณพื้นที่ภายใน ภายนอกอาคาร และที่บุคคลทั่วไปได้รับ 241
ตาราง ค-31 ความสัมพันธ์ (Correlation) ระหว่างปริมาณ 1,4-Dichlorobenzene
ที่ปรากฏบริเวณพื้นที่ภายใน ภายนอกอาคาร และที่บุคคลทั่วไปได้รับ 241
ตาราง ค-32 ความสัมพันธ์ (Correlation) ระหว่างปริมาณ 1,2,3-Trimethylbenzene
ที่ปรากฏบริเวณพื้นที่ภายใน ภายนอกอาคาร และที่บุคคลทั่วไปได้รับ 242
ตาราง ค-33 ความสัมพันธ์ (Correlation) ระหว่างปริมาณ Limonene ที่ปรากฏ
บริเวณพื้นที่ภายใน ภายนอกอาคาร และที่บุคคลทั่วไปได้รับ 242
ตาราง ง-1 ข้อมูลทั่วไปจากการเก็บข้อมูลเพิ่มเติม
โดยใช้แบบสอบถาม 251
ตาราง ง-2 ข้อมูลเกี่ยวกับบ้านของคุณจากการเก็บข้อมูลเพิ่มเติม
โดยใช้แบบสอบถาม 252

ตารางที่ หน้า

ตาราง ง-3 ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับพฤติกรรมจากการเก็บข้อมูลเพิ่มเติม
โดยใช้แบบสอบถาม 256

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญภาพ

ภาพที่ หน้า

2.1 VOCs จากแหล่งกำเนิดต่าง ๆ ในกรุงเทพมหานคร 9
3.1 ตำแหน่งที่ตั้งของจุดเก็บตัวอย่างบริเวณที่พักอาศัย ในเขตกรุงเทพมหานคร 29
3.2 พื้นที่ในการเก็บตัวอย่าง บริเวณที่พักอาศัย ในเขตกรุงเทพมหานคร ทั้ง 9 แห่ง 30
3.3 โครงสร้างของ passive sampler 35
3.4 โครงสร้างของ active sampler(ก) และชุด caliblate flow(ข) 36
3.5 GC ต่อกับ Mass Spectrometer และ auto sampler 36
3.6 ขั้นตอนการสกัดสาร VOCs จากหลอดเก็บตัวอย่างแบบ passive sampling 40
3.7 การเก็บตัวอย่างระหว่างวิธีการเก็บแบบ passive และ active 40
3.8 ลักษณะการเก็บตัวอย่าง ทั้ง 3 ลักษณะ บริเวณที่พักอาศัยในเขตกรุงเทพมหานคร 42
4.1 chromatogram ของสารละลายมาตรฐาน VOCs ชนิด Japanese
52 component indoor air และ Toluene d-8 (internal standard) 45
4.2 ความสัมพันธ์ระหว่างวิธีการเก็บแบบ passive sampling
และ active sampling 53
4.3 ปริมาณความเข้มข้นของสาร VOCs แต่ละชนิด
พื้นที่ศึกษาถนนสุขุมวิท 59
4.4 ปริมาณความเข้มข้นของสาร VOCs แต่ละชนิด
พื้นที่ศึกษาถนนพระราม 3 62
4.5 ปริมาณความเข้มข้นของสาร VOCs แต่ละชนิด
พื้นที่ศึกษาถนนพหลโยธิน 65
4.6 ปริมาณความเข้มข้นของสาร VOCs แต่ละชนิด
พื้นที่ศึกษาถนนพญาไท 68
4.7 ปริมาณความเข้มข้นของสาร VOCs แต่ละชนิด
พื้นที่ศึกษาถนนลาดพร้าว 71
4.8 ปริมาณความเข้มข้นของสาร VOCs แต่ละชนิด
พื้นที่ศึกษาถนนจรัญสนิทวงศ์ 74
4.9 ปริมาณความเข้มข้นของสาร VOCs แต่ละชนิด
พื้นที่ศึกษาถนนเพชรเกษม 76
4.10 ปริมาณความเข้มข้นของสาร VOCs แต่ละชนิด
พื้นที่ศึกษาถนนศรีนครินทร์ 79

ภาพที่ หน้า

4.11 ปริมาณความเข้มข้นของสาร VOCs แต่ละชนิด
พื้นที่ศึกษาถนนรามอินทรา 82
4.12 ปริมาณเฉลี่ยของ Benzene ที่ตรวจพบใน 9 พื้นที่ศึกษา
ในเขตกรุงเทพมหานคร 88
4.13 ปริมาณเฉลี่ยของ Toluene ที่ตรวจพบใน 9 พื้นที่ศึกษา
ในเขตกรุงเทพมหานคร 93
4.14 ปริมาณเฉลี่ยของ Ethylbenzene ที่ตรวจพบใน 9 พื้นที่ศึกษา
ในเขตกรุงเทพมหานคร 97
4.15 ปริมาณเฉลี่ยของ m-Xylene ที่ตรวจพบใน 9 พื้นที่ศึกษา
ในเขตกรุงเทพมหานคร 101
4.16 ปริมาณเฉลี่ยของ p-Xylene ที่ตรวจพบใน 9 พื้นที่ศึกษา
ในเขตกรุงเทพมหานคร 104
4.17 ปริมาณเฉลี่ยของ o-Xylene ที่ตรวจพบใน 9 พื้นที่ศึกษา
ในเขตกรุงเทพมหานคร 109
4.18 ปริมาณเฉลี่ยของ 3-Ethyltoluene ที่ตรวจพบใน 9 พื้นที่ศึกษา
ในเขตกรุงเทพมหานคร 113
4.19 ปริมาณเฉลี่ยของ 4-Ethyltoluene ที่ตรวจพบใน 9 พื้นที่ศึกษา
ในเขตกรุงเทพมหานคร 116
4.20 ปริมาณเฉลี่ยของ 1,3,5-Trimethylbenzene ที่ตรวจพบใน 9 พื้นที่ศึกษา
ในเขตกรุงเทพมหานคร 118
4.21 ปริมาณเฉลี่ยของ Decane ที่ตรวจพบใน 9 พื้นที่ศึกษา
ในเขตกรุงเทพมหานคร 122
4.22 ปริมาณเฉลี่ยของ 1,2,4-Trimethylbenzene ที่ตรวจพบใน 9 พื้นที่ศึกษา
ในเขตกรุงเทพมหานคร 125
4.23 ปริมาณเฉลี่ยของ 1,4-Dichlorobenzene ที่ตรวจพบใน 9 พื้นที่ศึกษา
ในเขตกรุงเทพมหานคร 128
4.24 ปริมาณเฉลี่ยของ 1,2,3-Trimethylbenzene ที่ตรวจพบใน 9 พื้นที่ศึกษา
ในเขตกรุงเทพมหานคร 131
4.25 ปริมาณเฉลี่ยของ Limonene ที่ตรวจพบใน 9 พื้นที่ศึกษา
ในเขตกรุงเทพมหานคร 134

ภาพที่ หน้า

4.26 ปริมาณเฉลี่ยของ 2-Ethyltoluene ที่ตรวจพบใน 9 พื้นที่ศึกษา
ในเขตกรุงเทพมหานคร 136
4.28 ความสัมพันธ์ระหว่าง Pi และ Po 155
4.29 การกระจายตัวของอายุของผู้เก็บตัวอย่าง 157
4.30 สัดส่วนเพศชาย-หญิงของผู้เก็บตัวอย่าง 158
4.31 ระดับการศึกษาของผู้เก็บตัวอย่าง 159
4.32 ลักษณะอาชีพของผู้เก็บตัวอย่าง 160
4.33 ข้อมูลบ้านเกี่ยวกับ อายุบ้าน (ปี) 161
4.34 สัดส่วนของจำนวนบ้านที่ห่างจากถนนสายหลักที่ระยะต่างๆ (กม.) 162
4.35 ปริมาณบ้านมีที่ตั้งห่างจากโรงงาน 163
4.36 ข้อมูลบ้านเกี่ยวกับพื้นห้องนอน 164
4.37 ข้อมูลบ้านเกี่ยวกับพื้นห้องครัว 165
4.38 ข้อมูลบ้านเกี่ยวกับพื้นห้องรับแขก 166
4.39 ข้อมูลบ้านเกี่ยวกับพื้นห้องนั่งเล่น 167
4.40 ข้อมูลบ้านเกี่ยวกับพื้นห้องทานข้าว 168
4.41 ข้อมูลบ้านเกี่ยวกับบ้านของคุณมีโรงรถติดกับประตูทางเข้าบ้าน 168
4.42 ข้อมูลบ้านเกี่ยวกับบ้านของคุณมีการใช้เครื่องปรับอากาศในฤดูร้อน 170
4.43 ข้อมูลบ้านเกี่ยวกับบ้านของคุณมีการระบายอากาศในบ้าน 171
4.44 ข้อมูลบ้านเกี่ยวกับบ้านของคุณมีการจุดเทียนไขและธูปในบ้าน 171
4.45 ข้อมูลบ้านเกี่ยวกับบ้านของคุณมีการจุดน้ำมันหอมระเหยในบ้าน 172
4.46 ข้อมูลบ้านเกี่ยวกับบ้านของคุณมีการหุงต้มในบ้านมีพัดลมระบายอากาศ 173
ก-1 Calibration cuve ของสารละลายมาตรฐาน VOCs
ชนิด 52 component indoor air ทั้ง 41 ชนิด 186

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

คำย่อ

^{0}C	หมายถึง	องศาเซลเซียส
$\mu g/m^3$	หมายถึง	ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร
µg	หมายถึง	ไมโครกรัม
m/s	หมายถึง	เมตรต่อวินาที
ng/m^3	หมายถึง	นาโนกรัมต่อลูกบาศก์เมตร
VOCs	หมายถึง	สารอินทรีย์ระเหย
TWA	หมายถึง	Time Weight Average
STEL	หมายถึง	Short-Term Exposure Limit
WHO	หมายถึง	World Health Organization
OSHA	หมายถึง	Occupational Health and Safety
NIOSH	หมายถึง	Nation Institute for Occupational Health and Safety
ACGIH	หมายถึง	American Conference of Governmental Industrial Hygienists
TCE	หมายถึง	Trichloroethylene
TMB	หมายถึง	Trimethylbenzene
IARC	หมายถึง	International Agency for Research on Cancer

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 1
บทนำ

1.1 แนวเหตุผลและทฤษฎี

มลพิษทางอากาศเป็นปัญหาสิ่งแวดล้อมที่สำคัญและส่งผลกระทบต่อประเทศพัฒนาแล้วและประเทศกำลังพัฒนา ซึ่งในปัจจุบันนี้ทุกคนได้ตระหนักถึงคุณภาพอากาศในเขตเมืองและให้ความสำคัญกับคุณภาพอากาศภายในอาคารมากขึ้น เนื่องจากประชากรส่วนใหญ่จะใช้เวลาอยู่ภายในอาคารประมาณ 80 % ของเวลาทั้งหมด (Son และคณะ, 2003) ดังนั้นจึงมีความเสี่ยงสูงที่จะรับสัมผัสสาร มลพิษภายในอาคาร สารมลพิษภายในอาคารที่ได้รับความสนใจในการศึกษา คือ สารอินทรีย์ระเหย (Volatile Organic Compound, VOCs) ซึ่งเป็นสารที่มีพิษต่อมนุษย์ สัตว์ และพืช มักเกิดจากการเผาไหม้เชื้อเพลิง (เช่น น้ำมันเชื้อเพลิงไม้ ถ่านหิน และก๊าซธรรมชาติ) สารประกอบในวัสดุก่อสร้าง สารทำละลาย และผลิตภัณฑ์ต่างๆที่ใช้ในบ้านหรือสำนักงาน หรือเกิดจากกิจกรรมอื่นๆของมนุษย์ เช่น การทำอาหาร การทำความสะอาด การสูบบุหรี่ และจากการใช้รถยนต์ (ได้แก่ เบนซินและโทลูอีน) แหล่งกำเนิด VOCs กระจายอยู่ทั่วไปในบรรยากาศ โดยบุคคลทั่วไปจะได้รับสัมผัสสาร VOCs จากการแพร่กระจายภายในอาคารเป็นหลัก ทำให้มีการศึกษาตรวจวัด VOCs ในสิ่งแวดล้อมภายในอาคาร เพราะ VOCs ภายในอาคารมีโอกาสส่งผลต่อสุขภาพของผู้ที่พักอาศัย โดยทั่วไปความเข้มข้นของ VOCs จะไม่ส่งผลอันตรายต่อสุขภาพมนุษย์โดยฉับพลัน แต่อย่างไรก็ตามขึ้นอยู่กับระยะเวลาของการได้รับสัมผัส จากผลการศึกษาในด้านพิษวิทยา พบว่า VOCs เป็นสารที่ก่อให้เกิดการก่อกลายพันธุ์ และเกิดมะเร็งต่อสุขภาพของมนุษย์และสัตว์ ในบรรยากาศทั่วไป VOCs สามารถเกิดปฏิกิริยาเคมีกับโอโซนในปฏิกิริยาโฟโตเคมิคัลและ VOCs บางชนิดพบว่ามีอันตรายต่อพืชด้วย เช่น ฟอร์มัลดีไฮด์ และเอธิลีน เป็นต้น

กรุงเทพมหานครเป็นเมืองหลวงที่มีประชากรอาศัยอยู่เป็นจำนวนมาก และกำลังประสบกับปัญหามลพิษทางอากาศที่เพิ่มมากขึ้นจากการจราจรที่หนาแน่น สิ่งก่อสร้าง และอุตสาหกรรมต่างๆ ซึ่งกิจกรรมดังกล่าวส่งผลให้เกิด VOCs แพร่กระจายอยู่ในบรรยากาศเพิ่มมากขึ้น ดังนั้น กรุงเทพมหานครจึงเป็นตัวแทนของสิ่งแวดล้อมเมืองที่น่าสนใจในการศึกษา นอกจากนี้การศึกษาวิจัยที่เกี่ยวกับ VOCsในประเทศไทยยังมีน้อย และส่วนใหญ่จะเป็นการตรวจวัดปริมาณสารดังกล่าวในบรรยากาศทั่วไปหรือตรวจวัดในโรงงานอุตสาหกรรม ที่เป็นแหล่งกำเนิดของ VOCs เช่น โรงกลั่นน้ำมัน อุตสาหกรรมเคมี เป็นต้น ส่วนการตรวจวัด VOCs ในอาคารที่พักอาศัยและปริมาณการรับสัมผัสสารดังกล่าวในบุคคลทั่วไปยังไม่มีการศึกษามากนัก การศึกษาครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจวัดปริมาณความเข้มข้นของสาร VOCs ในบริเวณพื้นที่ภายในและภายนอกอาคารที่พักอาศัย รวมทั้งปริมาณที่บุคคลได้รับสัมผัสในหนึ่งวันโดยใช้เทคนิคการเก็บตัวอย่างแบบ

passive sampling และเก็บข้อมูลโดยใช้แบบสอบถามและบันทึกเวลาที่ทำกิจกรรมในแต่ละวัน ซึ่งข้อมูลจากการศึกษาสามารถใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานที่จะบ่งบอกถึงระดับความเสี่ยงและโอกาสที่จะได้รับสารดังกล่าว

1.2 วัตถุประสงค์

1) เพื่อหาชนิดและปริมาณการรับสัมผัสสารอินทรีย์ระเหย (VOCs) ของบุคคลทั่วไปที่พักอาศัยในเขตกรุงเทพมหานคร

2) เพื่อเปรียบเทียบปริมาณการรับสัมผัสสารVOCs บริเวณพื้นที่ภายใน ภายนอกอาคาร และบุคคลทั่วไปในพื้นที่ที่แตกต่างกันในเขตกรุงเทพมหานคร

3) เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณ VOCs ที่ปรากฏบริเวณพื้นที่ภายใน ภายนอกอาคาร และที่บุคคลทั่วไปได้รับ

1.3 ขอบเขตการศึกษา

1) พื้นที่ศึกษา

ทำการเก็บตัวอย่างบริเวณที่พักอาศัยที่อยู่ริมถนน (roadside) และพื้นที่ทั่วไป (non-roadside) ในเขตเมือง (urban) ของกรุงเทพมหานคร

2) การตรวจวัดบริเวณภายในและภายนอกอาคารที่พักอาศัย

ทำการเก็บตัวอย่างบริเวณภายในและภายนอกอาคารที่พักอาศัย จำนวน 18 หลังโดยใช้ passive sampler ชนิด passive gas tube (บริษัท Shibata Scientific Technology-8015-006) อุปกรณ์ประกอบด้วย granular activated charcoal บรรจุอยู่ใน porous polytetrafluoroethylene (PTFE) tubes ในแต่ละที่จะเก็บตัวอย่างเป็นเวลา 24 ชั่วโมง

3) การตรวจวัดการรับสัมผัสของบุคคล

ทำการเก็บตัวอย่างโดยใช้บุคคลที่อาศัยอยู่ในบ้าน ซึ่งไม่มีการสูบบุหรี่ และทำงานอยู่ในที่พักอาศัย ทำการติดหลอด passive gas tube บริเวณหน้าอกของผู้เก็บตัวอย่าง เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จะทำให้ทราบปริมาณการรับสัมผัส VOCs ในแต่ละวัน

4) ระยะเวลาในการเก็บตัวอย่าง

ทำการเก็บเป็นเวลา 7 วัน ตั้งแต่วันที่ 20-27 กรกฎาคม 2548

5) การเก็บข้อมูลเพิ่มเติม

ทำการเก็บข้อมูลเพิ่มเติมของผู้ร่วมเก็บตัวอย่าง คือเวลาที่ทำกิจกรรม (Time/Activity diary) และลักษณะบ้านโดยใช้แบบสอบถาม (questionnaire)

6) VOCs เป้าหมาย

ทำการวิเคราะห์หาชนิดและปริมาณของ VOCs โดยใช้สารละลายมาตรฐาน VOCs ชนิด Japanese 52 component indoor air และวิเคราะห์ชนิดและปริมาณ VOCs โดยใช้ Gas Chromatography/Mass Spectrometry (GC/MS)

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1) เป็นข้อมูลพื้นฐานสำคัญในการรับสัมผัสสาร VOCs ของบุคคลทั่วไปที่พักอาศัยอยู่ในเขตเมืองของกรุงเทพมหานคร

2) ทำให้ทราบปริมาณความเข้มข้นของสาร VOCs ภายในและภายนอกที่พักอาศัยในพื้นที่ที่แตกต่างกันของกรุงเทพมหานคร

3) สามารถนำข้อมูลจากการศึกษาครั้งนี้ไปใช้ประโยชน์ในการศึกษาการรับสัมผัสสารVOCs ของกลุ่มคนทำงาน และ กลุ่มบุคคลทั่วไปในกรุงเทพมหานครหรือในเมืองสำคัญอื่นๆในประเทศไทยต่อไป

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 บทนำ

สารอินทรีย์ระเหย (Volatile Organic Compounds, VOCs) เป็นสารที่สามารถระเหยได้ง่าย และมีความดันไอมากกว่า 1 มิลลิเมตรปรอทที่อุณหภูมิห้อง เป็นสารประกอบเคมีที่มีคาร์บอน และมีธาตุอื่นเป็นองค์ประกอบรวมอยู่ด้วย เช่น ไฮโดรเจน ออกซิเจน คลอรีน เป็นต้น สารอินทรีย์ระเหยมีมากมายหลายกลุ่ม ได้แก่ อะลิฟาติก อะโรมาติก คลอริเนตเตดไฮโดรคาร์บอน อัลดีไฮด์ คีโตน เอสเตอร์ อีเทอร์ กรด และ แอลกอฮอล์ เป็นต้น ประโยชน์ของสารอินทรีย์ระเหยใช้งานได้อย่างกว้างขวาง เช่นสามารถนำมาใช้ในขบวนการผลิตอุตสาหกรรมต่างๆ ใช้ในการปรับปรุงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ใช้เป็นเชื้อเพลิง ใช้ล้างพวกคราบไขมัน เป็นต้น (Bloemen และ Burn, 1993) อย่างไรก็ตามสารอินทรีย์ระเหยสามารถแพร่กระจายสู่สิ่งแวดล้อมได้โดยตรงหรือโดยทางอ้อม ขึ้นอยู่กับโครงสร้างและคุณสมบัติทางเคมีของสารอินทรีย์แต่ละชนิด ถ้าหากมีการใช้ที่ไม่เหมาะสม และการควบคุมหรือการจัดการที่ไม่ดีพอ อาจส่งผลกระทบสู่สิ่งแวดล้อมได้ สารอินทรีย์ระเหยหลายชนิดมีผลกระทบโดยตรงต่อสุขภาพของมนุษย์ เช่น มีผลต่อระบบทางเดินหายใจ ระบบประสาทส่วนกลาง ตับ และ ไต บางชนิดเป็นสารก่อให้เกิดมะเร็ง ส่วนผลกระทบทางอ้อมก่อให้เกิดปฏิกิริยาโฟโตเคมิคัลออกซิแดนท์ในบรรยากาศ ปัจจุบันปัญหามลพิษทางอากาศ อันเนื่องมาจากสารอินทรีย์ระเหยโดยเฉพาะในเขตเมืองและเขตอุตสาหกรรม กำลังเป็นปัญหาที่ขยายวงกว้างไปทุกแห่ง (กรมควบคุมมลพิษ, 2544)

2.2 ลักษณะสมบัติของ VOCs

VOCs คือ สารที่มีคาร์บอนเป็นองค์ประกอบและมีความดันไออย่างน้อย 0.13 กิโลพาสคาล (kPa) ที่อุณหภูมิและความดันมาตรฐาน (ที่ 293°K และ 101 kPa) ทั้งนี้ไม่รวมก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และสารประกอบกลุ่มออแกโนเมทัลลิค หรือกรดอินทรีย์ต่างๆ (มลิวรรณ, 2544, Hester และ Harrison, 1995)โมเลกุลส่วนใหญ่ประกอบด้วย อะตอมคาร์บอน และไฮโดรเจน อาจมีออกซิเจนหรือ คลอรีนร่วมด้วย

การแบ่ง VOCs ออกตามลักษณะของโมเลกุล สามารถแบ่งได้เป็น 2 กลุ่มใหญ่ ๆ คือ

1) Non-chlorinated VOCs หรือ Non-halogenated hydrocarbons ได้แก่ กลุ่มไฮโดรคาร์บอนระเหยที่ไม่มีธาตุคลอรีนเป็นองค์ประกอบ เช่น สารในกลุ่ม aliphatic hydrocarbons (เช่น น้ำมันเชื้อเพลิง, ก๊าซโซลีน (gasoline) hexane solventsในอุตสาหกรรม alcohols aldehydes

ketone) และ กลุ่ม aromatic hydrocarbons (เช่น toluene benzene ethylbenzene xylenes styrene phenol) สาร VOCs กลุ่มนี้มาจาก การเผาไหม้กองขยะ พลาสติก วัสดุ และอุปกรณ์เครื่องใช้ สีทา วัสดุ เป็นต้น มีผลเสียต่อสุขภาพ ดังนี้ พนักงานดับเพลิง คนงานเผาขยะ คนเผาถ่าน มักป่วยด้วย โรคทางเดินลมหายใจบ่อยเพราะได้รับ VOCs ประมาณ 144 ชนิด เป็นประจำจากควันไฟและเชื้อเพลิง ในรูปของ benzene toluene naphthalene propene และ 1,3-butadiene styene และ alkyl-substituted benzene compounds อื่นๆ xylenes 1-butene/2-methylpropene propane 2-methylbutane ethylbenzene naphthalene isopropylbenzene รวมกันในปริมาตรสูงถึง 76.8 % ของ VOCs ทั้งหมดที่วัดได้

2) Chlorinated VOCs หรือ halogenated hydrocarbons ได้แก่ กลุ่มไฮโดรคาร์บอนระเหยที่มีธาตุคลอรีนเป็นองค์ประกอบ ได้แก่ สารเคมีสังเคราะห์ในอุตสาหกรรม สาร chlorinated VOCs นี้มีความเสถียรและสะสมได้นานในสิ่งแวดล้อม มากกว่ากลุ่มแรก (non-chlorinated VOCs) เพราะมีพันธะระหว่าง คาร์บอน และธาตุกลุ่มฮาโลเจนซึ่งทนทาน และยากต่อการสลายตัวในธรรมชาติ อันตรายของสารกลุ่มนี้ คือจะรบกวนการทำงานของสารพันธุกรรม ยับยั้งปฏิกิริยาชีวเคมีในเซลล์ และมีฤทธิ์ในการ ก่อมะเร็งหรือกระตุ้นการเกิดมะเร็งได้

ในบรรดาสารกลุ่ม halogenated VOCs นี้ trichloroethylene (TCE) ซึ่งเป็นสารตัวทำละลายในน้ำยาซักแห้ง น้ำยาละลายคราบน้ำมัน หรือคราบไขมัน และเรซินต่าง ๆ ที่ใช้ในอุตสาหกรรมพบปนเปื้อนได้บ่อยและได้รับการศึกษาค้นคว้าวิจัยมานานมากว่า 30 ปี ในด้านผลกระทบต่อสุขภาพของสัตว์ทดลองและมนุษย์ TCE เป็นก่อมะเร็งร้ายแรงชนิดหนึ่ง (ซึ่งจัดอยู่ในGroup 2A carcinogen หมายถึง probably carcinogenic to humans) ตามนิยามและการยอมรับของ International Agency for Research on Cancer (IARC) และ World Health Organization (WHO)

2.3 การปลดปล่อย VOCs

การปลดปล่อย VOCs จะมีกระบวนการเกิดขึ้น 4 แบบ ดังนี้

2.3.1 การแพร่กระจายเป็นก๊าซที่แขวนลอย (Dispersion)

การแพร่กระจายเป็นก๊าซที่แขวนลอย (Dispersion) เป็นกระบวนการที่ทำให้เกิดการกระจายตัวและการเคลื่อนตัวซึ่งมีสาเหตุมาจากการเคลื่อนที่ไหลเข้ามา (turbulent motion) และเกิดการหมุนเวียนของมวลอากาศ ซึ่งเป็นผลมาจากพื้นที่และแรงโน้มถ่วงโลก VOCs ที่ปลดปล่อยออกมาจะแพร่กระจายเจือจางแตกต่างกันอยู่เหนือกลุ่มชั้นบรรยากาศ (atmospheric boundary layer (ABL))

2.3.2 การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ (Physical transformations)

การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ (Physical transformations)เช่น VOCs จะรวมตัวกันแน่นเข้าไปในอนุภาคเกิดการดูดซับอยู่บนพื้นผิวหรือละลายในหยดน้ำ VOCs จะเปลี่ยนจากสถานะแก๊สเข้าสู่กระบวนการที่สมดุล

2.3.3 การเกิดปฏิกิริยาทางเคมี (Chemical reactions)

การเกิดปฏิกิริยาทางเคมี (Chemical reactions) VOCs จะเปลี่ยนแปลงกลายเป็นโมเลกุลอินทรีย์และอนินทรีย์ ในทางกลับกันก็จะเกิดการแพร่กระจายและการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ

2.3.4 VOCs เกิดการสะสม (Deposition)

VOCs เกิดการสะสม (Deposition) VOCs จะเคลื่อนย้ายจากบรรยากาศลงสู่ดิน และสะสมในน้ำ โดยจะเกิดการตกตะกอนอย่างช้าๆ เกิดอัตราความสมดุลระหว่างการปลดปล่อย การแพร่กระจาย การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ การเกิดปฏิกิริยาทางเคมี และการตกสะสมจะเป็นส่วนประกอบในบรรยากาศ

2.4 แหล่งกำเนิดของ VOCs

VOCs ถูกปล่อยสู่บรรยากาศได้ทั้งจากกระบวนการต่างๆตามธรรมชาติและการกระทำของมนุษย์ โดยแหล่งกำเนิดจากธรรมชาติที่พบได้แก่ ภูเขาไฟระเบิดและไฟป่า อย่างไรก็ตาม VOCs ส่วนใหญ่เกิดขึ้นจากธรรมชาติ แต่จากการกระทำของมนุษย์นั้นเป็นสิ่งที่ทำให้เกิดผลกระทบกับสิ่งแวดล้อม และก่อให้เกิดปัญหาสุขภาพกับมนุษย์โดยตรงจากกิจกรรมของมนุษย์ VOCs ส่วนใหญ่เกิดจากการเผาไหม้เชื้อเพลิง แหล่งกำเนิดของ VOCs สามารถแบ่งออกเป็น

1) Mobile sources

VOCs ที่เกิดจากแหล่งกำเนิด ประเภท Mobile sources นั้น ส่วนใหญ่มาจากการปลดปล่อยมาจากยานพาหนะ และถังเชื้อเพลิง ซึ่งจะเกิดในพื้นที่เมืองมากที่สุด เนื่องจากในพื้นที่เมืองจะมีการจราจรที่คับคั่งกว่าในเขตชนบท

จากการศึกษา ของ Kungskulniti และคณะ (1990) ทำการตรวจวัดปริมาณ VOCs ที่แยกการจราจร 2 แห่ง ในเขตกรุงเทพมหานคร พบ VOCs หลากหลายชนิด ในปริมาณที่สูง ดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 ปริมาณ VOCs ที่แยกการจราจร 2 แห่ง ในเขตกรุงเทพมหานคร

ชนิด VOCs	จุดที่ 1 ($\mu g/m^3$)	จุดที่ 2 ($\mu g/m^3$)	ชนิด VOCs	จุดที่ 1 ($\mu g/m^3$)	จุดที่ 2 ($\mu g/m^3$)
Isopentane	13	11	n-Heptane	53	24
n-Pentane	14	14	C7- Hydrocarbon	38	18
2-Methylpentane	33	23	Toluene	279	72
3-Methylpentane	22	15	n-Octane	23	12
n-Hexane	68	40	Ethylbenzene	27	13
Methylcyclopentane	23	14	m,p-Xylene	112	56
Benzene	56	25	o-Xylene	38	17
2-Methylhexane	37	14	Ethyltoluene	18	10
3-Methylhexane	32	16	1,2,4-Trimethylbenzene	28	14

2) Point sources

VOCs ที่เกิดจากแหล่งกำเนิด ประเภท Point sources นั้น ส่วนใหญ่มาจากการปลดปล่อยจากกระบวนการอุตสาหกรรมที่ขยายเป็นวงกว้าง รวมทั้งกระบวนการที่ใช้ตัวทำละลาย สี หรือการใช้สารเคมี จะเป็นแหล่งกำเนิดที่สำคัญที่สุด จากการศึกษาในประเทศออสเตรเลีย พบว่า Point sources ของ VOCs มาจากโรงกลั่นน้ำมัน และการกักเก็บถ่านหิน และโรงงานอุตสาหกรรมเป็นหลัก VOCs สามารถปนเปื้อนลงแหล่งน้ำได้จากการปล่อยน้ำจากโรงงานอุตสาหกรรม และการบำบัดน้ำเสียจากของเสียอันตรายของโรงงาน (Boresth และ Becher, 1986) นอกจากนี้ กระบวนการเผาไหม้เชื้อเพลิงของโรงงานอุตสาหกรรมเช่น ถ่านโค้ก หรือน้ำมันปิโตรเลียม ทำให้เพิ่มระดับความเข้มข้น VOCs ในบรรยากาศจึงทำให้บริเวณเมืองและแหล่งที่มีโรงงานอุตสาหกรรมมีระดับความเข้มข้น VOCs มากกว่าบริเวณชนบท

3) Consumer products

Consumer products จะเป็นตัวกำหนด VOCs ทั้งหมด VOCs จะปลดปล่อยมาจากผ้าพรม กระดานไม้อัด ผลิตภัณฑ์พลาสติก กาว ตัวทำละลาย กระป๋องสเปรย์ วัสดุพิมพ์ สี น้ำมันขัดเงา ขี้ผึ้ง ผลิตภัณฑ์ทำความสะอาด สารฆ่าเชื้อโรค เครื่องสำอาง น้ำมันหล่อลื่น เชื้อเพลิง อัตราการปลดปล่อยจะลดน้อยลงขึ้นอยู่กับเวลาที่มันระเหย

4) บ้านเรือนและภายในอาคาร

แหล่งกำเนิด VOCs ที่ใหญ่ที่สุดที่ปลดปล่อย VOCs สู่บรรยากาศคือ การเผาไหม้เชื้อเพลิงภายในบ้าน ทั้งนี้ขึ้นกับประสิทธิภาพการเผาไหม้และระบบการควบคุมการปลดปล่อย (Baek, 1991; Ramdahl, 1992) สำหรับบริเวณภายในอาคาร การสูบบุหรี่ การทำอาหาร รวมทั้งเครื่องทำ

ความร้อน ทำให้เพิ่มระดับความเข้มข้น VOCs ในอาคารได้ ในสิ่งแวดล้อมภายในที่พักอาศัย VOCs จะสามารถปลดปล่อยมาจากแหล่งกำเนิด เช่น เฟอร์นิเจอร์ สี สารยึดติด เครื่องเรือน ซึ่งความเข้มข้นของ VOCs ภายในอาคารโดยทั่วไปจะมีความเข้มข้นสูงกว่า ภายนอกอาคาร เพราะแหล่งกำเนิดภายในอาคารจะมาจากผลิตภัณฑ์ที่ใช้ในกิจกรรมของมนุษย์

5) สถานที่กำจัดขยะมูลฝอย

จากการศึกษา ของ Kungskulniti และคณะ (1990) พบว่า ในสถานที่กำจัดขยะมูลฝอยแบบเปิดที่ใกล้กับชุมชนจะพบ VOCs ซึ่งเป็นสาเหตุหลักที่ทำให้ประชาชนในชุมชนไม่ยอมรับการกลบฝัง และการเผา เนื่องจากมีก๊าซเกิดขึ้นจากการเผาของเสียที่เป็นสารอินทรีย์ และการปลดปล่อยจากเครื่องยนต์ที่บรรทุกขยะมูลฝอย ซึ่งทำให้เกิด VOCs หลากหลายชนิด จากการเก็บตัวอย่าง พบชนิดและปริมาณของ VOCs ดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 ชนิดและปริมาณของ VOCs ในสถานที่กำจัดขยะมูลฝอยแบบเปิด

ชนิด VOCs	ปริมาณความเข้มข้น ($\mu g/m^3$)	ชนิด VOCs	ปริมาณความเข้มข้น ($\mu g/m^3$)
Isopentane	6	C7- Hydrocarbon	20
n-Pentane	5	Toluene	701
2-Methylpentane	11	n-Octane	23
3-Methylpentane	8	Ethylbenzene	118
n-Hexane	25	m,p-Xylene	332
Methylcyclopentane	9	o-Xylene	108
Benzene	13	Ethyltoluene	46
2-Methylhexane	12	1,2,4-Trimethylbenzene	54
3-Methylhexane	14	Methylene Chloride	26
n-Heptane	25	Methylchloroform	61

จากการศึกษาในประชากร 302 คน (อายุ 40-59 ปี) ที่ Aberdeen, North Carolina และบริเวณใกล้เคียง โดยการตรวจเลือด ตรวจผิวหนัง และการสัมภาษณ์ พบว่ามีสาร Dichloroethane (DCE) ในเลือด ในคนที่อยู่ใกล้ที่ทิ้งขยะสารเคมีที่มีพิษ (pesticide dump sites) ในระดับเฉลี่ย 4.05 ppb เทียบกับระดับเฉลี่ย 2.95 ppb (p=0.01) ของกลุ่มควบคุม คนที่อยู่ใกล้มากกว่าจะมีระดับ DCE สูงกว่า ยิ่งอยู่ในบริเวณนั้นนานๆ ยิ่งได้รับมากขึ้น และแตกต่างกันอย่างชัดเจน นอกจากนี้เม็ดเลือดขาวของประชากรกลุ่มดังกล่าวจะมีคุณสมบัติทางภูมิคุ้มกัน(mitoger-induced lymphoproliferativity) ต่ำกว่าเม็ดเลือดขาวในกลุ่มควบคุมอย่างเห็นได้ชัด

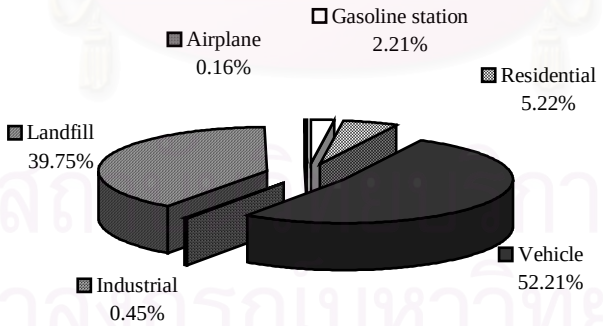
6) สถานีบริการเชื้อเพลิง

สารอินทรีย์ระเหยมาจากระบบกักเก็บ และแหล่งจำหน่ายน้ำมันเชื้อเพลิง ซึ่งน้ำมันเชื้อเพลิง ถือเป็นสาเหตุที่สำคัญของปัญหามลพิษทางอากาศทั่วโลก โดยเฉพาะอย่างยิ่งในเขตเมือง ประชาชนทั่วไปมีโอกาสได้รับสัมผัสสารอินทรีย์ระเหยต่างๆ จากสิ่งแวดล้อมในขณะที่เดินทาง และเติมน้ำมันในสถานบริการน้ำมันเชื้อเพลิง สำหรับกลุ่มพนักงานที่ทำงานขนส่งน้ำมัน และพนักงานในสถานบริการน้ำมันเชื้อเพลิงมีโอกาสสูงในการรับสัมผัสสารต่างๆ เหล่านี้ มีการศึกษาวิจัยในพนักงานสถานบริการน้ำมันเชื้อเพลิงจำนวน 323 คน ทั้งหมด 51 แห่งในเขตกรุงเทพมหานคร พบว่า ระดับเบนซีน มีระดับเกินค่ามาตรฐาน (50ppb) (สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์การแพทย์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2548)

จากการศึกษาเปรียบเทียบอัตราการระบายสารมลพิษในเขตกรุงเทพมหานคร และปริมลฑล ของกรมควบคุมมลพิษ ปี พ.ศ. 2540 พบว่า สัดส่วนของการระบายสารอินทรีย์ระเหยออกสู่บรรยากาศจากยานพาหนะ สถานที่กำจัดขยะมูลฝอย ที่พักอาศัย สถานีบริการเชื้อเพลิง โรงงานอุตสาหกรรม และอากาศยาน ดังภาพที่ 2.1

จากภาพที่ 2.1 VOCs จากแหล่งกำเนิดต่างๆ สามารถแบ่งออกเป็นสัดส่วนได้ดังนี้

- ยานพาหนะ	52.2%	- สถานที่กำจัดขยะมูลฝอย	39.75%
- ที่พักอาศัย	5.22%	- สถานีบริการเชื้อเพลิง	2.21%
- โรงงานอุตสาหกรรม	0.45%	- อากาศยาน	0.16%



ภาพที่ 2.1 VOCs จากแหล่งกำเนิดต่าง ๆ ในกรุงเทพมหานคร (กรมควบคุมมลพิษ, 2543)

สาร VOCs ที่สามารถตรวจพบได้ ภายนอกอาคาร และภายในอาคาร นั้นมีชนิดที่สามารถพบได้บ่อยจากแหล่งกำเนิดที่สามารถระบุได้ ดังตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 แหล่งกำเนิดสาร VOCs ที่สามารถตรวจพบได้ ภายนอกอาคาร และภายในอาคาร

ชนิดสาร VOCs	แหล่งกำเนิด
Benzene	การสูบบุหรี่ และน้ำมันเชื้อเพลิงจากรถยนต์
Toluene, Xylene, Ethylbenzene และ Trimethylbenzene	สี กาว น้ำมันเชื้อเพลิง และผลิตภัณฑ์ที่เกิด
(Aromatic hydrocarbons) และ aliphatic hydrocarbons	จากการเผาไหม้
Limonene, alpha-pinene (Terpenes)	อาหาร พืชตระกูลส้ม และมะนาว ต้นไม้ ดอกไม้ และเครื่องดื่ม
1,4-Dichlorobenzene	ลูกเหม็น ยาดับกลิ่นห้อง
Styrene	ยาฆ่าเชื้อ สี และพลาสติก
Tetrachloroethylene	น้ำยาซักแห้ง
Chloroform	คลอรีนในน้ำ
1,1,1-Trichloroethane	น้ำยาซักแห้ง
Ketone	แลกเกอร์ น้ำมันขัดเงา และกาว
Ethers	เรซิน สี น้ำมันขัดเงา แลกเกอร์ สบู่ เครื่องสำอาง
Esters	เรซิน พลาสติก แลกเกอร์ และตัวทำละลาย

ที่มา: ดัดแปลงมาจาก Namiesnik และคณะ, 1992 Otson และ Fellin, 1992 และ U.S. EPA, 1990

2.5 การกระจายตัวของ VOCs ในบรรยากาศ

2.5.1 ความเข้มข้น VOCs ในสิ่งแวดล้อม

โดยทั่วไประดับความเข้มข้น VOCs ในฤดูหนาวสูงกว่าในฤดูร้อน โดยในฤดูหนาวแหล่งกำเนิดจากการทำความร้อนในบ้านเรือน ดังได้กล่าวแล้วว่า VOCs ถูกปล่อยสู่สิ่งแวดล้อมได้หลายทางโดยเฉพาะการเผาไหม้ จึงทำให้ VOCs ปนเปื้อนในบรรยากาศ ศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อม กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม ได้ศึกษาสถานการณ์ VOCs ในบรรยากาศในเขตกรุงเทพมหานคร โดยได้ทำการเก็บตัวอย่างสารบริเวณริมถนน 4 แห่ง ได้แก่ รัชโยธิน อนุสาวรีย์ชัยสมรภูมิ เยาวราช สีลม ในช่วงเดือน สิงหาคม 2545 พบ VOCs จากการวิเคราะห์ชนิด และปริมาณความเข้มข้นของ VOCs แต่ละชนิด ดังแสดงในตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.4 ปริมาณความเข้มข้นของ VOCs แต่ละชนิดบริเวณริมถนน 4 แห่ง ในเขตกรุงเทพมหานคร

ชนิด VOCs	ปริมาณความเข้มข้น ($\mu g/m^3$)	ชนิด VOCs	ปริมาณความเข้มข้น ($\mu g/m^3$)
Chloromethane	78.7-2134.9	Toluene	307.1-745.1
1,3 –butadiene	ND-29.3	Trans-1,3 Dichloropropane	ND-76.6
1,1-Dichloroethene	61.7-195.1	1,1,2-Trichloroethane	ND-87.5
Methylene chloride	138.3-447.5	1,2-Dibromoethane	31.7-95.0
1,1-Dichloroethane	62.6-123.2	Ethylbenzene	16.0-83.2
Cis 1,2- Dichloroethene	21.8-69.3	m,p-Xylene	26.4-159.9
Chloroform	12.9-176.1	o-Xylene,Styrene	ND-82.0
1,1,1-Trichloroethane	11.3-45.2	1-Ethyl-4-Methylbenzene	ND-40.9
Benzene	73.9-244.9	1,3,5-Trimethylbenzene	ND-46.5
Trichloroethene	ND-55.4	1,2,4-Trimethylbenzene	ND-239.1
1,2-Dichloropropane	110.0-297.4	Total VOCs	1036.5-5379.1

ที่มา: กรมควบคุมมลพิษ, 2545

2.5.2 ปฏิกิริยาเคมี

ปฏิกิริยาเคมีของ VOCs มีบทบาทสำคัญที่ทำให้เกิดผลกระทบกับบรรยากาศ โดยการทำปฏิกิริยากับสารมลพิษบางชนิดเช่น O_3 และ NO ซึ่งมีผู้ทำการศึกษาถึงบทบาทของ VOCs ที่มีต่อการเกิดปฏิกิริยาต่างๆ ดังนี้

1) VOCs เป็นตัวทำให้เกิด photochemical smog และการตกสะสมของกรด

VOCs เป็นมลพิษที่เป็นตัวกำหนด photochemical smog ตั้งแต่ปี 1950 เป็นต้นมา ปฏิกิริยา photochemical ได้เกิดขึ้นที่ Los Angeles และบ่อยครั้งจะเป็น Los Angeles smog การเกิด smog จะทำให้เกิดผลกระทบทำให้ทัศนวิสัยลดลง เมื่อ 20 ปีที่ผ่านมาจะรู้จัก smog ว่าเป็นตัวที่ทำให้เกิดปัญหาภัยพิบัติในเมืองใหญ่ที่สุดในสหรัฐอเมริกา (US Department of Health, Education and Welfare (USDHEW), 1970) (Guicherit and Van Dop, 1997) ญี่ปุ่น ออสเตรเลีย (OECD 1975) เมื่อ VOCs ผสมกับไนโตรเจนออกไซด์ (NO_x) และรังสีจากแสง UV ทำให้เกิดปฏิกิริยาต่อเนื่องกันเป็นลูกโซ่มีผลทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงเป็นสารมลพิษชนิดอื่นๆ จาก photochemical ในบรรยากาศจะมีปฏิกิริยา photochemical ที่ได้จากสารธรรมชาติ และการปลดปล่อยจากกิจกรรมมนุษย์และจาก

การรวมกันของสารในบรรยากาศโดยมีแสง UV เป็นตัวกระตุ้น สารที่ผสมกันจะมีผลให้เกิดการกระจายตัว (diffusion) และการหมุนวนของสาร (eddies) ซึ่งสารจะผสมกัน และมีการเคลื่อนที่ตามแนวนอนของอากาศ จะทำให้เกิดการแลกเปลี่ยนของเศษวัตถุที่รวมตัวกันในบรรยากาศ ซึ่งจะเกิดปฏิกิริยากับกลุ่มธาตุเป็นหลักและทำให้เกิดผลกับโอโซนมากที่สุด คือ aldehydes hydrogen peroxide peroxyacetyl nitrate (PAN) กรดอินทรีย์ และกรดอนินทรีย์

2) VOCs เป็นตัวทำให้โอโซน ในชั้น stratospheric ลดลง

ออกซิเจนจะสลายตัวภายใต้อิทธิพลของแสงที่ความยาวคลื่นต่ำกว่า 242 นาโนเมตร ซึ่งปฏิกิริยาจะเกี่ยวข้องกับโมเลกุลที่ไม่มีลักษณะเฉพาะ พื้นฐานกลไกของโอโซนจะอยู่ในชั้นที่สูง ก๊าซโอโซนสามารถเกิดขึ้นจากปฏิกิริยาเคมีระหว่างไฮโดรคาร์บอน-สารเคมีอินทรีย์ที่ระเหยได้ง่าย (volatile organic compounds, VOCs) ทำปฏิกิริยากับ nitrogen oxides (NOx) ทั้งที่เกิดจากการปลดปล่อยในชีวิตประจำวันของมนุษย์ เช่น การเผาไหม้ของเครื่องยนต์และจากที่เกิดขึ้นเองโดยธรรมชาติภายใต้ภาวะที่มีแสง ซึ่งการเกิดก๊าซโอโซนด้วยกระบวนการนี้เป็นสาเหตุให้เกิดมลภาวะทางอากาศที่จะส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศในระยะยาว

2.6 การได้รับสัมผัส VOCs ของมนุษย์

การรับสัมผัส VOCs ที่ปรากฏอยู่ในบรรยากาศจะคุกคามสุขภาพของมนุษย์ โดยทำให้เกิดการก่อกลายพันธุ์ สารก่อมะเร็ง หรือทำให้เกิดการบกพร่องของการพัฒนาทางกายของทารกในครรภ์ หรือเป็นสาเหตุให้เกิดโรคเฉียบพลันหรือโรคเรื้อรัง ในกรณีนี้ถ้ามีการควบคุมก็จะไม่เกิดภัยพิบัติอันเป็นสาเหตุมาจากการปลดปล่อยสารเคมีอินทรีย์ปริมาณสูงและเป็นพิษมาก

สาร VOCs เข้าสู่ร่างกายได้ 3 ทางคือ การหายใจ ทางปากโดยการกิน-ดื่ม และ การสัมผัสทางผิวหนัง ซึ่งความเป็นพิษต่อร่างกายจะมากน้อยขึ้นอยู่กับปัจจัย ดังต่อไปนี้

1) ช่วงครึ่งชีวิตของสาร VOCs ในร่างกาย

2) สภาวะความสมบูรณ์ของร่างกาย

3) ระบบการขับถ่ายของเสีย สาร VOCs ถูกขับผ่านทางไตโดยปัสสาวะ ทางลมหายใจ และทางตับ และน้ำดี

2.6.1 ผลกระทบต่อสุขภาพของสารอินทรีย์ระเหย

ผลกระทบต่อสุขภาพของสารอินทรีย์ระเหย ต่อมนุษย์ แบ่งออกเป็น 2 ลักษณะ ได้แก่

1) พิษแบบเฉียบพลัน คือ อาการที่มักเกิดขึ้นทันที ได้แก่ อาการระคายเคืองต่อตา เยื่อบุทางเดินหายใจ และโดยส่วนใหญ่ถ้าระดับในอากาศต่ำกว่า 50 ppm จะรู้สึกฝืนหวาน ร่าเริง ตื่นเต้น และมีอาการเหมือนเมาสุรา ได้แก่ ปวดศีรษะ มึนงง คลื่นไส้ อาเจียน อ่อนเพลีย ประสาทหลอน และควบคุมตนเองไม่ได้ ถ้าระดับสูงกว่า 50 ppm จะทำให้ง่วงซึม ชัก หมดสติ และเสียชีวิตได้ ซึ่ง

จากการศึกษาวิจัยเบื้องต้นของพนักงานที่ทำงานในสถานบริการน้ำมันเชื้อเพลิงเขตปทุมวัน พบว่า มีอาการปวดศีรษะ เวียนศีรษะ อ่อนเพลีย ร้อยละ 36.4 36.4 และ 20.5 ตามลำดับ (สมเกียรติ, 2544)

2) พิษแบบเรื้อรัง คือ อาการที่เกิดขึ้นเมื่อร่างกายได้รับสารอินทรีย์ระเหยต่างๆ ปริมาณน้อยเป็นเวลานาน จะทำให้เกิดพยาธิสภาพกับอวัยวะเป้าหมาย เช่น สมอง ตับ ไต มีผลทำให้อวัยวะทำงานผิดปกติไปจนถึงทำงานไม่ได้ นอกจากนี้สาร Benzene ยังเป็นสารก่อมะเร็งที่อวัยวะเป้าหมายต่างๆและมะเร็งเม็ดเลือดขาวได้ (กรรชิต, 2544)

2.6.2 ผลกระทบของสารอินทรีย์ระเหยต่อระบบต่างๆของร่างกาย

1) ระบบประสาท

สารอินทรีย์ระเหยจะมีฤทธิ์กดประสาท ทำลายระบบประสาทส่วนกลาง การได้รับสารอินทรีย์ระเหยจะทำให้เกิดอาการทางการกดประสาทหลายอย่าง เช่น Benzene Toluene สามารถทำให้เกิดอาการปวดศีรษะ มึนงง คลื่นไส้ อาเจียน และประสาทหลอน เมื่อได้รับปริมาณสูงอาจทำให้หมดสติ และเสียชีวิต นอกจากนี้ยังมีการศึกษาที่พบว่า การรับสัมผัสในปริมาณน้อยก็สามารถทำลายการพัฒนาสมองของทารกในครรภ์ได้ ซึ่งมีการศึกษาทดลองกับหนูพุกขาว และหนูถีบจักรพบว่า การได้รับ 1,1,1-trichloroethane(TRI) 5000 ppm ทางลมหายใจนาน 40 นาที ทำให้การส่งกระแสประสาทผิดปกติได้ หนูมีการเรียนรู้สิ่งเร้าในสิ่งแวดล้อม ลดลง กลไกคือ TRI ทำให้สาร cyclic GMP ซึ่งเป็นสารทำหน้าที่เป็นตัวกลางให้เซลล์ประสาททำงานนั้น มีระดับลดลงและ medulla oblongata ลดลงจากกลุ่มควบคุม ถึง 55-58 % และระดับ cyclic GMP จะลดมากเมื่อได้รับสารระเหยนานมากขึ้นเป็น 100 นาที (You และ Dallas, 2000)

ในกลุ่มช่างทำรองเท้า ซึ่งได้รับ VOCs จากการหายใจสารตัวทำละลายสีหรือน้ำยาทำรองเท้า dichloromethane, n-hexane) plastic compounds (isocyanates และ polyvinyl chloride) เป็นประจำ มักจะมีอาการทางประสาทคือ ปวดศีรษะ (65%) จิตใจกังวล(53%) รู้สึกคันที่ขาและเท้า (46%) เจ็บตา(43%) หายใจลำบากและมีอาการรวมหลายอย่าง (1.1-3.5 %) ในคนตั้งครรภ์ มีการศึกษาในหญิงตั้งครรภ์จำนวน 14,000 คนใน Bristol, U.K. ที่ใช้สเปรย์ปรับอากาศ (aerosols) เป็นประจำ ในเลือดมีสารพวก VOCs (Xylene, ketones และ aldehydes) ค่อนข้างสูง และประชาการเหล่านี้จะมีอาการหลายอย่าง เช่น 25% ปวดศรีษะ 19% มีอาการซึมเศร้าหลังคลอด เด็กที่คลอดออกมาแล้วมักมีอาการท้องเสียบ่อยกว่าเด็กกลุ่มอื่น 22 % (Nijem และคณะ, 2001)

2) ระบบหายใจ

เมื่อได้รับการสูดดมจะมีผลระคายเคืองต่อทางเดินหายใจ ทำให้เกิดหลอด ลมอักเสบ และ การหดเกร็ง อาจจะเสียชีวิตได้จากระบบหายใจล้มเหลว

3) ระบบเลือด

จากการศึกษาการรับสัมผัสสาร Benzene ทำให้เกิดการทำลายไขกระดูกเป็นผลทำให้เกิดโลหิตจางแบบ apastic anemia จำนวนเม็ดเลือดขาวและเกร็ดเลือดต่ำลง นอกจากนี้ยังเป็นสาร

ก่อมะเร็งทำให้เกิดมะเร็งเม็ดเลือดขาว หากมีการสะสมไอระเหยของ Benzene ในปริมาณสูงอาจก่อให้เกิดมะเร็งปอดได้ สำหรับ Toluene ทำให้เกิดสภาวะ granulocytopenia ได้ นอกจากนี้มีการศึกษาพบว่า Benzene ในระดับต่ำมีผลต่อความผิดปกติของเลือดในกลุ่มเด็ก

4) ระบบสืบพันธุ์

สารอินทรีย์ระเหยประเภทตัวทำละลาย จะมีผลต่อการลดจำนวนการตกไข่ จำนวนอสุจิ และเกิดการเสื่อมสมรรถภาพทางเพศ นอกจากนี้ยังมีผลต่อตัวอ่อนในครรภ์มีผลทำให้เกิดการผิดปกติแต่กำเนิด การแท้ง และการตายก่อนคลอดได้ จากผลการศึกษา ในต่างประเทศระยะ 20 ปี ที่ผ่านมาพบว่า ในประเทศอุตสาหกรรมที่มีการใช้ตัวทำละลายมาก จะประสบปัญหาการเจริญพันธุ์ที่ไม่สมบูรณ์ (infertile) เพิ่มมากขึ้น ร้อยละ 8-15 นอกจากนี้ยังพบว่า สารอินทรีย์ระเหยทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงฮอร์โมนหลายชนิดเช่น LH FSH T และ cortisol มีการทำลาย DNA ในระบบสืบพันธุ์ และพบว่าสาร MTBE สามารถเหนี่ยวนำให้เกิดมะเร็งใน leydic cell (Manson และคณะ, 1984)

5) ผิวหนังและตา

เมื่อได้รับสัมผัสจะมีอาการระคายเคืองและทำให้เกิดอักเสบที่ผิวหนังผื่นแดง พุพอง และเยื่อหุ้มตาอักเสบได้

6) ตับและไต

สารอินทรีย์ระเหยเกือบทุกชนิดจะถูกเปลี่ยนแปลงที่ตับ และถูกขับออกทางไต สำหรับ Toluene มีผลทำลายตับ ทำให้เกิดภาวะ fatty liver และตับวายได้ นอกจากนี้ยังพบภาวะ renaltubular acidosis กรวยไตอักเสบและไตวายได้

7) ระบบภูมิคุ้มกัน

ผลต่อระบบภูมิคุ้มกัน ทำให้ประสิทธิภาพลดลง สารอินทรีย์ระเหยหลายชนิดทำให้ระบบภูมิคุ้มกันถูกรบกวนหรือทำลาย ศักยภาพทางการป้องกันโรคการติดเชื้อจะลดและพร่องลงจากเดิม เช่น จากการศึกษา พบว่า คนงานที่ทำงานเกี่ยวข้องกับตัวทำละลายมีอัตราการเกิดภูมิแพ้สูง โดยเฉพาะอย่างยิ่งในเด็กที่รับสัมผัสสารอินทรีย์ระเหยจะมีความไวต่อการแพ้นมและไข่ขาว

สาร VOCs หลายชนิดอันตรายโดยการทำลายโครโมโซมเซลล์ ของระบบอวัยวะต่างๆ เช่น เม็ดเลือดแดง ตับ ไต ประสาท ดังสรุปในตารางที่ 2.5

ตารางที่ 2.5 ตัวอย่างสาร VOCs บางชนิด ที่มีผลกระทบต่อระบบเนื้อเยื่อ และเป็นอันตรายต่อสุขภาพ

สาร VOCs	เนื้อเยื่อที่ถูกทำลายโดย VOCs	ผลร้ายต่อสุขภาพ
Benzene	Hemopoietic system, red blood cell, nerve	ทำลายไขกระดูก เม็ดเลือดแดงแตก โรคโลหิตจาง และอาการหรือโรคทางประสาทส่วนกลาง
Carbon tetrachloride(CCl4)	Liver, CNS	ตับเสื่อม ตับแข็ง
Chloroform(trichloromethane, CHCl3)	Liver, Kidney, heart muscle, eyes, skin	ตับเสื่อม ตับแข็ง ไตเสื่อม หัวใจเต้นผิดปกติ การแสบระคายเคืองของตาและผิวหนัง
Dichlorobenzene (methylene chloride, DCM)	Liver, kidney, blood, skin, eyes, upper respiratory tract	ฤทธิ์แสบ-ระคายเคือง ปอดบวม โรคตับ กดประสาทส่วนกลาง อาจหมดสติและตายได้
Ethyl alcohol (methylene)	Liver, CNS nerve, placenta	ตับเสื่อม ตับแข็ง เร่งการเกิดมะเร็งตับ มีอาการกดประสาท ทำให้ทารกคลอดพิการ
Ethyl benzene (ethylbenzol) n-Hexane	Eyes, CNS nerve, nasal cavity Nerve	ทำให้ระคายเคือง แสบตา แสบจมูก กดประสาทส่วนกลาง ทำให้ปวดหัว สับสนงุนงง อาจหมดสติได้
Methyl alcohol (methanol)	Liver, CNS nerve	ตับเสื่อม อาการกดประสาท ทำให้ตาบอด
Toluene (methylbenzene,toluol)	CNS nerve	อาการทางประสาทส่วนกลาง
Trichlorobenzene	Liver ,Kidney	ตับแข็ง ตับเสื่อม ไตเสื่อม
1,1, 1-Trichloroethane (methylchloroform)	Liver, Nerve, Kidney	อาการทางประสาทส่วนกลาง ชัก หมดสติและอาจตายได้
Xylene (dimethylbenzene)	Skin, nerve	ระคายเคือง โรคผิวหนัง และอาการเกิดจากการกดประสาทส่วนกลาง

ที่มา: ประสงค์ และไมตรี, 2544

2.7 ความเป็นพิษของ VOCs

2.7.1 การเป็นสารก่อมะเร็ง (Carcinogenicity)

VOCs หลายชนิดเป็นสารก่อมะเร็ง การได้รับควัน VOCs จากการสูบบุหรี่ ทำให้มนุษย์เป็นมะเร็งปอดมากขึ้น การเป็นมะเร็งจากการได้รับสัมผัส VOCs ขึ้นอยู่กับเส้นทางการรับสัมผัส เช่น จากการหายใจหรือทางผิวหนัง

ตัวอย่าง สาร VOCs ที่เป็นสารก่อมะเร็ง (carcinogen) และสารส่งเสริมการเกิดเนื้องอก (tumor promoter) และชนิดของมะเร็งที่พบ สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 2.6

ตารางที่ 2.6 สาร VOCs ที่เป็นสารก่อมะเร็ง (carcinogen) และสารส่งเสริมการเกิดเนื้องอก (tumor promoter) และชนิดของมะเร็ง

ชนิดสาร VOCs	ชนิดของมะเร็ง	ชนิดสาร VOCs	ชนิดของมะเร็ง
Benzene	Acute myeloblastic leukemia	Vinyl Chloride	Lung cancer
Carbon Tetrachloride	Hepatoma	Hexachlorobenzene	Lung cancer
Dichloropropane	Lung cancer	Dibromochloropropane	Lung cancer
Ethylbenzene	Lung cancer	Ethylene Dibromide	Lung cancer
Dichloroethane	Lung cancer	Trihalomethanes	Lung cancer
Pentachloropheno	Lung cancer	Trihalomethnes	Lung cancer
Toluene	Lung cancer	Trichloroacetylene	Lung cancer
Trichloroethylene	Lung cancer	Haloacetic Acid	Lung cancer
Dichloromethane	Lung cancer		

ที่มา: ดัดแปลงมาจาก ประสงค์ และไมตรี, 2545

2.7.2 การเป็นสารก่อเกิดการกลายพันธุ์ (Mutagenicity)

VOCs ที่เป็นสารก่อมะเร็งจะมีฤทธิ์เป็นสารก่อเกิดการกลายพันธุ์ด้วย VOCs บางชนิดเมื่อเข้าสู่ร่างกายจะถูกเมทตาโบไลท์โดยเอนไซม์ cytochrome P-450

2.7.3 การเสริมพิษ/การต่อต้านพิษ (Potentiation/antagonism)

อันตรายและโทษต่อสุขภาพของสาร VOCs จะยิ่งมีผลกระทบมากขึ้น (additive effect) ถ้าได้รับสารอินทรีย์ระเหยผสมกันหลายชนิดในระยะเดียวกัน อาจจะส่งเสริมความรุนแรงต่อสุขภาพมากขึ้น มากกว่าผลกระทบรวมกันที่เกิดจากสารเดี่ยว ๆ แต่ละชนิดได้

2.8 ค่ามาตรฐานของ VOCs ต่างๆที่อนุญาตให้มี ในอากาศ

การกำหนดมาตรฐานคุณภาพอากาศของ VOCs ในแต่ละประเทศมีรูปแบบที่แตกต่างกัน ประเทศญี่ปุ่นได้กำหนดมาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศของเบนซินโดยมีค่าเฉลี่ยรายปีเท่ากับ 3 ไมโครกรัม/ลูกบาศก์เมตร ส่วนในยุโรปกำหนดที่ 5 ไมโครกรัม/ลูกบาศก์เมตร ส่วน VOCs ภายในอาคาร ได้แก่ โทลูอีน และไซลีน กระทรวงสาธารณสุขของญี่ปุ่นได้กำหนดมาตรฐานไว้ที่ระดับ 260 และ 870 ไมโครกรัม/ลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ (Amagai และคณะ, 2002)

การกำหนดค่ามาตรฐานของสาร VOCs ในบรรยากาศยังไม่มีการประกาศใช้ในประเทศไทย จึงต้องเทียบกับ ค่ามาตรฐานที่กำหนดไว้ เป็นแนวทางบนพื้นฐานของความเสี่ยงต่อการก่อให้เกิดมะเร็ง โดยองค์การอนามัยโลก (WHO) และค่ามาตรฐานที่อนุญาตให้มีสารอินทรีย์ระเหย (VOCs) ในอากาศ ของแต่ละหน่วยงาน แต่เป็น VOCs บางชนิดเท่านั้นที่มีค่ามาตรฐาน ได้รวบรวมไว้ในตารางที่ 2.7

ตารางที่ 2.7 ค่ามาตรฐานของ VOCs ที่อนุญาตให้มีในอากาศ

สาร	หน่วยงาน	ปริมาณความเข้มข้น	ปริมาณความเข้มข้น ($\mu g/m^3$)
Benzene	WHO	0.001 – 0.006 ppm (24 ชม.)	5.0 - 20.0
	OSHA	1.0 ppm > 8 ชั่วโมง (TWA)	3.1×10^3
		5.0 ppm < 5 นาที (STEL)	1.5×10^4
	NIOSH	0.1 ppm > 10 ชั่วโมง(TWA)	3.1×10^2
		1.0 ppm 15 นาที (STEL)	3.1×10^3
	ACGIH	0.5 ppm > 8 ชั่วโมง (TWA)	1.5×10^3
	OSHA	2.5 ppm (STEL)	7.9×10^3
Toluene	OSHA	100 ppm (TWA)	3.7×10^5
		500 ppm (STEL)	1.8×10^6
	NIOSH	100 ppm (TWA)	3.7×10^5
	ACGIH	50 ppm (TWA)	1.8×10^5
Ethylbenzene	OSHA	100 ppm > 10 ชั่วโมง (TWA)	4.3×10^5
		125 ppm (STEL)	5.4×10^5
	ACGIH	100 ppm > 8 ชั่วโมง (TWA)	4.3×10^5
		125 ppm (STEL)	5.4×10^5
Xylene	OSHA	0.1 mg/m^3(TWA)	4.3×10^2
	ACGIH	0.1 mg/m^3(TWA)	4.3×10^2
MTBE	OSHA	100 ppm (TWA)	4.3×10^5
	ACGIH	50 ppm (TWA)	2.1×10^5

TWA = Time-Weighed-Average STEL = Short-Term Exposure Limit

2.9 การป้องกันและการแก้ไขปัญหาที่เกิดจากสารอินทรีย์ระเหย

1) การควบคุมสารอินทรีย์ระเหย

การควบคุมสารอินทรีย์ระเหยได้ที่ดีที่สุด คือ การป้องกันมิให้มีการใช้สารที่อันตรายสูงต่อสุขภาพโดยไม่จำเป็น หรือหากจำเป็นใช้ ก็ต้องมีวิธีการลดอันตราย ความเสี่ยง และความเป็นพิษให้เหลือน้อยที่สุด โดยมิให้สารเคมีมีการปนเปื้อนในสิ่งแวดล้อม ในน้ำ อากาศ ดิน อาหาร และเครื่องดื่ม เพื่อความปลอดภัยของผู้บริโภค มีสาร VOCs 8 ชนิดที่องค์กรพิทักษ์สิ่งแวดล้อมแห่งสหรัฐอเมริกา (US. EPA) ได้ออกกฎหมายควบคุมมิให้มีหรือมีระดับเกินค่า maximum contaminant level (MCL) ในน้ำดื่มของแต่ละชนิด

2) การทำลาย VOCs ทางเคมี

การทำลาย VOCs ทางเคมีได้มีการนำสาร oxidizers หลายชนิด เช่น ก๊าซโอโซน ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ และโปตัสเซียมเปอร์มังกาเนต มาใช้เพื่อทำลายสาร VOCs โดยปฏิกิริยาออกซิเดชัน ทำให้ VOCs หลายกลุ่ม สลายตัว และหมดสภาพความเป็นพิษได้

3) การทำลายทางชีวภาพ

การทำลายทางชีวภาพมีการวิจัย co-meatbolism method ที่จะใช้จุลชีพหลายชนิดรวมกันที่สามารถทำปฏิกิริยาทางชีวเคมีกับสารอินทรีย์ไอระเหยได้ โดยอาศัยเอนไซม์ของแบคทีเรียทั้งชนิด anaerobic และ aerobic ซึ่งทำให้เกิดปฏิกิริยา oxidation reduction dehalogenation ฯลฯ และสาร VOCs (TCE, PCE, DCM, benzene, toluene) จะถูกทำลายและหมดความเป็นพิษได้

ในทางการแพทย์ได้มีการรักษาผู้ป่วยที่ได้รับสารอินทรีย์ระเหยเข้าไปในร่างกายและเกิดมีอาการป่วย โดยใช้วิธีการล้างออก การขับออกในทุกรูปแบบ ทั้งทางกายภาพ ทางเคมีและทางชีวภาพ ให้ท่วงที ก่อนที่สารเคมีนั้นจะสะสมและเกิดความเป็นพิษ วิธีการรักษานั้นกระทำได้ยากและสิ้นเปลืองค่ารักษา

2.10 หลักการเก็บตัวอย่าง VOCs

หลักการการเก็บตัวอย่างสารอินทรีย์ระเหยในบรรยากาศมีหลักวิธีการเก็บอยู่ 2 วิธี ได้แก่ active sampling และ passive sampling

2.10.1 Active Sampling

Active Sampling หมายถึง การเก็บตัวอย่างอากาศที่ต้องอาศัยปั๊มในการดูดตัวอย่างอากาศเพื่อเก็บสารที่ต้องการตรวจสอบผ่านตัวกลาง (collection medium) โดยอาศัยหลักการอย่างใดอย่างหนึ่งดังนี้

1) การเข้าไปแทนที่อากาศ (Air displacement)หลักการนี้ตัวอย่างก๊าซถูกดูดซึมเข้าไปในภาชนะเก็บ (collector) เช่น ขวดสูญญากาศ ถุง ถังคานิสเตอร์ เป็นต้น

2) การควบแน่น (Condensation) หลักการนี้ตัวอย่างก๊าซจะดูดผ่านเข้าไปใน u-tube หรืออุปกรณ์ที่เหมาะสม ซึ่งแช่อยู่ในภาชนะที่บรรจุสารทำความเย็นเพื่อทำให้ตัวอย่างอากาศเย็นตัวลงต่ำกว่าจุดเดือดหรือจุดเยือกแข็งของก๊าซที่ต้องการจับ สารให้ความเย็นมีหลายชนิดและมีอุณหภูมิต่างกัน ภาชนะควบแน่นส่วนใหญ่ใช้ Dewar flask ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการบรรจุสารให้ความเย็นและจับก๊าซ ระบบควบแน่นต้องใช้อัตราการไหลค่อนข้างต่ำกว่า 10 ลิตร/นาที ซึ่งทำให้มีประสิทธิภาพสูง หากใช้อัตราไหลสูงขึ้นเวลาที่สัมผัสกับความเย็นจะน้อยลง และอาจนำละอองไอจากการควบแน่นออกไป วิธีนี้ตัวอย่างก๊าซสามารถนำมาวิเคราะห์ได้ทันที ปัญหาสำคัญในการควบแน่น เกิดจากการกลั่นตัวของไอน้ำในตัวอย่างก๊าซ ดังนั้นอาจใช้เครื่องควบแน่นหลายอันต่อกัน เครื่องแรกมีความเย็นพอที่จะกลั่นไอน้ำและเครื่องต่อๆ ไปเย็นขึ้นตามลำดับการกลั่นตัวของก๊าซแต่ละชนิด หลักการควบแน่นเหมาะที่จะใช้กับตัวอย่างที่มีคุณสมบัติที่ระเหยได้ง่ายมากๆหรือไม่คงตัว (Stable) บนตัวดูดซับ

3) การดูดซึม (Absorption) หลักการนี้ตัวอย่างก๊าซละลายในของเหลวหรือทำปฏิกิริยากับของเหลวที่บรรจุในขวดดูดซึมหรือ Impinger โดยการทำตัวอย่างก๊าซให้เป็นฟองอากาศเล็ก เพื่อช่วยในการดูดซึมจะมีประสิทธิภาพดีและเป็นที่นิยมใช้กันมากที่สุดแต่ต้องป้องกันการอุดตันจากฝุ่นละออง นอกจากนี้ ขวดดูดซึมที่มีรูพรุนขนาดเล็กมาก ๆ อาจทำให้เกิดความดันลดลง (pressure drop) และต้องมีที่ว่างตอนบนของสารละลายเพื่อไม่ให้ฟองล้นออกมา ขวดดูดซึมส่วนใหญ่ทำด้วยแก้ว ดังนั้นต้องแน่ใจว่าไม่ดูดหรือทำปฏิกิริยากับก๊าซที่สนใจศึกษา

เนื่องจากสารละลายที่ใช้ดูดซึมไม่สามารถดูดซึมสารมลพิษได้ทั้งหมด ดังนั้นหลักการดูดซึมใช้สำหรับเก็บตัวอย่างก๊าซที่เฉพาะเจาะจงเท่านั้น ตัวอย่างสารอินทรีย์ระเหยที่ใช้หลักการดูดซึมได้แก่Acetaldehyde Acetone Acrolein Benzaldehyde Crotonaldehyde Ethylene oxide Formaldehyde Hexanal Isobutyraldehyde Methyl ethylketone Pentanal Propanal o-toualdehyde และ p-tolualdehyde

การเก็บตัวอย่างโดยหลักการดูดซึมนี้ไม่ค่อยนิยมใช้ เนื่องจากยุ่งยากต้องเคลื่อนย้ายสารละลายที่ใช้ในการดูดซึม ต้องระวังอุปกรณ์แตกหักเสียหายในขณะเก็บตัวอย่าง และต้องคำนึงถึง ศักยภาพของ impinger เป็นต้น ดังนั้น ส่วนใหญ่จึงหันไปใช้เทคนิคการดูดซับ (sorbent method) โดยการใช้หลอดดูดซับแต่อย่างไรก็ตามเทคนิคการดูดซึมอาจใช้ในกรณีที่ตัวดูดซับบางตัวไม่เหมาะสำหรับเก็บตัวอย่างในสภาวะที่มีความชื้นสูง ๆ

4) การดูดซับ (Adsorption) การดูดซับของก๊าซตัวอย่างเป็นการเกิดขึ้นที่ผิวโดยที่โมเลกุลของก๊าซจะรวมตัวและดูดด้วยแรงดึงดูดระหว่างโมเลกุลเข้าหาผิวของวัสดุที่ดูดจับตัวอย่าง ณ อุณหภูมิเดียวกัน ปริมาณก๊าซที่ถูกดูดจะเป็นสัดส่วนกับความดันของก๊าซ นอกจากนี้การดูดซับยังขึ้นกับพื้นที่ผิวของวัสดุที่ดูดปริมาณก๊าซต่าง ๆ ที่ถูกดูดจะเป็นสัดส่วนผกผันกับความสามารถในการระเหย สารที่สามารถดูดซับอะตอมหรือโมเลกุลของสารอื่น เรียกว่าสารดูดซับ (Adsorbent)

โดยทั่วไปแล้ววัสดุที่ใช้เป็นสารดูดซับจะมีลักษณะเป็นรูพรุนเพื่อเพิ่มพื้นที่ผิว ขนาดของรูพรุน (pore size) และขนาดของอนุภาคจะเป็นลักษณะสำคัญต่อการดูดซับ อะตอมหรือโมเลกุลที่ถูกดูดซับเรียกว่าสารถูกดูดซับ (Adsorbate) ส่วนขบวนการที่ทำให้สารถูกดูดซับหลุดออกจากผิวของตัวดูดซับเรียกว่าดีซอฟชั่น (Desorption)

แรงการดูดซับ (Adsorption force) แรงการดูดซับแบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ

(1) การดูดซับทางฟิสิกส์ (Physical adsorption) หรือ Physiosorption เกิดขึ้นเนื่องจากโมเลกุลของสารถูกดูดซับ ซึ่งเป็นแรงค่อนข้างอ่อน ใช้แรงดึงดูดระหว่างอิเล็คตรอน เช่นเดียวกับแรงวันเดอวาลล์ (Van Der Waals Force) โมเลกุลที่ถูกดูดซับยังคงมีคุณสมบัติทางเคมีเหมือนเดิม การดูดซับชนิดนี้สามารถดูดซับโมเลกุลได้หลายชั้น (Multilayer adsorption) โดยโมเลกุลแต่ละชั้นจะเกิดบนชั้นของโมเลกุลที่ถูกดูดซับไว้ก่อนแล้ว

(2) การดูดซับทางเคมี (Chemical adsorption) หรือ Chemisorption เกิดขึ้นเมื่อมีการแลกเปลี่ยนอิเล็คตรอน หรือใช้อิเล็คตรอนร่วมกันระหว่างโมเลกุลของสารถูกดูดซับและผิวของสารดูดซับ เกิดเป็นพันธะเคมี ซึ่งแรงการดูดซับทางเคมีนี้ต้องอาศัยพลังงานเข้ามาร่วมด้วยเรียกว่า Activated adsorption ชั้นของการดูดซับทางเคมีจะเกิดขึ้นเพียงชั้นเดียว (Monolayer adsorption)

ตัวดูดซับ (Adsorbent) แบ่งออกเป็น 3 ประเภท คือ

(1) ตัวดูดซับที่ไม่มีขั้ว ได้แก่ Carbotrap Graphitised carbon black ซึ่งตัวดูดซับสามารถดูดซับสารได้หลายกลุ่ม เช่น สารประกอบกลุ่ม n-alkanes aromatic hydrocarbon chlorinated hydrocarbons organometalic compounds primary alcohols organic acids และ organic bases

(2) ตัวดูดซับที่มีประจุบวก ได้แก่ Activated silica gel

(3) ตัวดูดซับที่มีประจุลบ ได้แก่ Porous polymer เช่น Tenax, Activated charcoal เนื่องจากพื้นผิวของตัวดูดซับมีออกไซด์ของคาร์บอน

ตัวดูดซับประเภทที่ 2 และ 3 สามารถจับยึดกับโมเลกุลของสารที่ถูกดูดซับด้วยแรง Dipole-dipole interactions และ London and Van de Waals forces

ในสิ่งที่ต้องคำนึงถึงการเลือกชนิดของตัวดูดซับคือ ศักยภาพของการดูดซึมน้ำ ถ้าสภาวะที่มีความชื้นสูงในบริเวณที่เก็บตัวอย่าง การแข่งขันการดูดซับที่ผิวของตัวดูดซับจะเกิดขึ้นระหว่างตัวอย่างที่ต้องการเก็บ และ น้ำ เป็นผลให้ความเข้มข้นที่ได้มีค่าต่ำกว่าความเป็นจริง และสิ่งที่ต้องคำนึงถึงมาก ๆ ในการใช้หลอดดูดซับ (Sorbent tube) คือมี Breakthrough เกิดขึ้นหรือไม่ Breakthrough เกิดขึ้นเมื่อหลอดดูดซับหลอดแรกอิ่มตัว (Saturated) แล้วผ่านออกไปสะสมอีกหลอดหนึ่งที่ต่ออยู่ด้านหลัง

ชนิดของตัวดูดซับ (Sorbent)

การเลือกตัวดูดซับ ขึ้นอยู่กับคุณสมบัติการระเหยหรือความดันไอของสารที่สนใจศึกษา ตัวดูดซับที่เลือกใช้ต้องสามารถดูดซับปริมาณของสารที่สนใจได้ในขณะเก็บตัวอย่าง และสามารถปลดปล่อยสารนั้นออกมา (desorption) โดยใช้ความร้อน และอัตราการไหลของก๊าซในการ desorp สารนั้นออกมาได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2.10.2 Passive Sampling

Passive Sampling หมายถึง การเก็บตัวอย่างโดยอาศัยการเคลื่อนที่ของโมเลกุลก๊าซจากความเข้มข้นสูงไปสู่ความเข้มข้นต่ำ ณ สภาวะ steady state โดยการดูดซึมทางเคมี หรือ การดูดซับทางด้านกายภาพบนตัวกลาง (medium) ซึ่งวิธีนี้ไม่ต้องใช้ปั๊มในการเก็บตัวอย่าง Passive Sampling ใช้ทฤษฎีของ Fick is law of diffusion

หลักการของการเก็บแบบ Passive แบ่งได้เป็น 2 แบบ ดังนี้

1) Passive Sampling ที่อาศัยการแพร่ของโมเลกุลก๊าซ

มวลของก๊าซที่เก็บได้จะถูกควบคุมโดยความยาว และเส้นผ่านศูนย์กลางของตัว passive และคุณสมบัติทางเคมีฟิสิกส์ของก๊าซแต่ละชนิด อัตราการเก็บตัวอย่างจะขึ้นอยู่กับค่า Diffusion coefficient ของก๊าซที่เก็บและพื้นที่หน้าตัดของตัว Passive Sampling ตัว Passive Sampling ที่อาศัยการแพร่ ส่วนใหญ่นิยมใช้เป็นตัวหลอดที่มีตัวดูดซับที่มีฝาครอบเป็นช่องตะแกรงป้องกันผลกระทบของกระแสลมในขณะเก็บตัวอย่าง ความเข้มข้นของก๊าซสามารถคำนวณได้จากพื้นที่ผิวของตัวดูดซับ ระยะทางจากผิวหน้าของตัว Passive ถึงสารดูดซับ อัตราการเก็บตัวอย่างและประสิทธิภาพของการ desorp ตัวอย่างก๊าซที่ใช้หลักการแพร่ ได้แก่ สารอินทรีย์ระเหยพวกไฮโดรคาร์บอน เช่น เบนซิน โทลูอีน และไซลีน เป็นต้น

2) Passive Sampling ที่อาศัยการซึมแทรกของโมเลกุลก๊าซ

มวลของก๊าซที่เก็บได้ถูกควบคุมโดยคุณสมบัติทางเคมีฟิสิกส์ ของ membrane และคุณสมบัติของก๊าซ มวลของก๊าซที่เก็บได้ขึ้นโดยตรงกับอัตราการซึมผ่านของก๊าซ ความเข้มข้นของก๊าซในบรรยากาศ และระยะเวลาการเก็บตัวอย่าง นอกจากนี้ตัวอย่างก๊าซที่ซึมผ่าน membrane ขึ้นอยู่กับความสามารถในการละลายของก๊าซใน membrane ซึ่งเคลือบด้วยสารที่สามารถละลายก๊าซได้ และขึ้นกับอัตราการแพร่ผ่าน membrane ภายในสภาวะที่ความเข้มข้นต่างกัน

ปัจจัยที่มีผลต่อการซึมแทรกของโมเลกุลก๊าซ ได้แก่ ความหนาของ membrane การบวมหรือการหดตัวของ membrane และความเป็นไปได้ในการกัดกร่อนของสารเคมีที่ใช้ นอกจากนี้ประสิทธิภาพของ passive Sampling ขึ้นอยู่กับชนิดของ membrane ซึ่งง่ายต่อการซึมแทรกเฉพาะก๊าซที่สนใจศึกษาไม่ใช่ก๊าซทุกชนิด จากข้อจำกัดดังกล่าวข้างต้น ดังนั้น passive sampling แบบ

อาศัยการซึมแทรกของโมเลกุลก๊าซจึงเลือกใช้ศึกษาเฉพาะก๊าซตัวใดตัวหนึ่ง เช่น NO_2 Formaldehyde เป็นต้น โดยเลือกใช้ membrane และสารเคมีที่เฉพาะเจาะจงต่อก๊าซที่จะศึกษา

ข้อจำกัดของการใช้ Passive Sampling ในการตรวจวัด ค่าความถูกต้องและความแม่นยำของ Passive Sampling ในการตรวจวัดขึ้นอยู่ระยะเวลาการเก็บตัวอย่าง กระแสลม อุณหภูมิ และความชื้น

ปัจจัยที่สำคัญในการเก็บตัวอย่าง โดยใช้ Passive Sampling ได้แก่ ขนาดของ Passive Sampling ระยะเวลาในการเก็บตัวอย่าง ช่วงความเข้มข้นของก๊าซ ความเสถียรภาพของตัวกลาง ค่าความถูกต้องและแม่นยำที่ต้องการ วิธีการวิเคราะห์ที่ใช้ อุณหภูมิ อัตราความเร็วที่ผิวหน้า ความชื้น ความเสถียรของก๊าซในตัวกลาง สิ่งเจือปนที่รบกวน ความดัน ประสิทธิภาพของการเก็บตัวอย่าง ความเสถียรภาพในการเก็บรักษาตัวอย่าง และปริมาตรของตัวอย่าง

2.11 หลักการวิเคราะห์ VOCs

เทคนิคในการเตรียมตัวอย่าง การเตรียมตัวอย่างหรือการสกัดตัวอย่างก่อนที่จะวิเคราะห์ด้วยเครื่องก๊าซโครมาโตกราฟมีหลายวิธี

1) Headspace

วิธีนี้เหมาะสำหรับการวิเคราะห์ก๊าซและสารระเหยที่ระเหยได้ง่ายมาก หรือมีจุดเดือดต่ำๆ แต่ไม่สามารถวัดสารอินทรีย์ที่มีจุดเดือดสูง ๆ และสารอินทรีย์กึ่งระเหยได้เนื่องจากมี partition ใน gas headspace volume ต่ำ และ sensitivity ของเทคนิคนี้อยู่ระดับ ppm

2) Purge and Trap Thermal Desorption

วิธีนี้สามารถวิเคราะห์สารอินทรีย์ระเหยและสารกึ่งระเหยได้ โดยการ purge ตัวอย่างที่อุณหภูมิสูง ทำให้สามารถตรวจวัดสารประกอบที่มี molecular weight สูงได้ เทคนิคนี้ sensitivity มากกว่าเทคนิค headspace มากกว่า 1,000 เท่า สำหรับสารอินทรีย์ระเหยและสารกึ่งระเหย โดยมี detection limit อยู่ในช่วง ppb อย่างไรก็ตามวิธีนี้ไม่เหมาะสำหรับตรวจวัดสารอินทรีย์ที่มีจุดเดือดต่ำ ๆ หรือระเหยได้ง่าย ๆ เนื่องจากสารดังกล่าวไม่ trap บนตัวดูดซับ

3) การสกัดด้วยสารละลาย

สารละลายที่ใช้ในการสกัดสารอินทรีย์ระเหยส่วนใหญ่มักใช้คาร์บอนไดซัลไฟด์ในการสกัดสารอินทรีย์ระเหยออกจากตัวดูดซับ เช่น activated carbon เนื่องจากคาร์บอนไดซัลไฟด์มี ประสิทธิภาพในการสกัดสารอินทรีย์ค่อนข้างสูง

4) เทอร์มอลดีซอบชั่น (Thermal Desorption)

เป็นเทคนิคใหม่ที่ใช้ในสกัดตัวอย่างสารอินทรีย์อาจเป็นสารที่ระเหยง่าย (Volatile) และสารกึ่งระเหย (Semi-volatile) ที่เป็น trace organic จาก solid sorbent หรือ sample matrix ตัวอื่น โดยไม่ต้องใช้สารละลายเป็นวิธีที่ประหยัดค่าใช้จ่ายและมี sensitivity สูง เทคนิคนี้เป็นการสกัด

ตัวอย่างที่มีประสิทธิภาพสามารถ transfer sensitivity สารที่ต้องการวิเคราะห์ไปยังเครื่องมือที่วิเคราะห์ได้อย่างรวดเร็ว

การวิเคราะห์ชนิดและปริมาณสาร VOCs นั้น ส่วนใหญ่ต้องอาศัยเทคนิคทาง GC การเลือกคอลัมน์ คอลัมน์ ถือเป็นหัวใจของการแยกสารด้วยเทคนิคทาง GC เมื่อก๊าซผสม หรือไอของสารที่ปนกันอยู่ในสารตัวอย่าง ผ่านคอลัมน์ที่ทำหน้าที่เป็นตัวแยกก๊าซ หรือไอผสมเหล่านั้นออกจากกันเป็นส่วน ๆ ดังนั้น โครมาโตแกรมที่ได้จะดีหรือไม่จึงขึ้นอยู่กับชนิดของคอลัมน์มาก ประเภทของคอลัมน์ (Type of Columns)ที่ใช้กันทั่วไปใน GC นั้นมี 2 ประเภท คือ

(1) pack columns มีอยู่ 2 ชนิด คือ partition column และ adsorption column สำหรับ partition column เป็นคอลัมน์เปล่าที่บรรจุด้วยอนุภาคของแข็งซึ่งมีสมบัติเฉื่อย (inert solid particles) แล้วฉาบผิว (coated) ด้วยสารอินทรีย์บางชนิดที่เรียกว่า liquid phase อีกชนิดหนึ่งเป็นคอลัมน์ที่บรรจุด้วยอนุภาคของสารดูดซับ (adsorptive particles) เช่น alumina, activated charcoal, silica gel หรือ molecular sieves เป็นต้น

(2) capillary columns คอลัมน์ชนิดนี้ โดยทั่วไปเป็นหลอดรูเล็ก ๆ กลวง ทำด้วยเหล็กกล้า หรือเหล็กไร้สนิม แก้ว quartz (fused silica) มีรัศมีภายใน 0.3-0.6 มิลลิเมตร ภายในฉาบผิวด้วย liquid phase เป็นฟิล์มบาง ๆ ตลอดรูเล็ก ๆ ซึ่งอาจมีความยาว 25-100 เมตร คอลัมน์ชนิดนี้แม้ว่าจะมีประสิทธิภาพ (efficiency) ของคอลัมน์ต่อหน่วยความยาวค่อนข้างต่ำ แต่สามารถใช้คอลัมน์ยาวมากได้ เพราะมี pressure drop เพียงเล็กน้อย ดังนั้น เมื่อใช้คอลัมน์ยาวมาก ๆ จึงทำให้ประสิทธิภาพในการแยกมีค่าสูง และเมื่อใช้ภาวะที่เหมาะสมแล้ว capillary column จะมีประสิทธิภาพในการแยกที่ดีที่สุด

ในการวิเคราะห์สารอินทรีย์ระเหยนั้น อุณหภูมิของคอลัมน์ (Column Temperature) มีส่วนสำคัญอย่างมากต่อการแยกสารตัวอย่าง หรือค่า partition coefficient นั่นคือ ถ้าเพิ่มอุณหภูมิของคอลัมน์ขึ้น จะทำให้องค์ประกอบของสารมีการเคลื่อนที่เร็วขึ้น และช่วยทำให้การวิเคราะห์เร็วขึ้น โดยทั่วไปแล้ว การทำให้อุณหภูมิของคอลัมน์ลดลงจะช่วยทำให้การแยก (resolution) ขององค์ประกอบต่าง ๆ ดีขึ้น ดังนั้นจึงควรเลือกใช้อุณหภูมิของคอลัมน์ให้เหมาะสม คือ ให้ได้การแยกที่ดีและ retention time ไม่นานเกินไป อุณหภูมิที่เลือกใช้มักจะเป็นอุณหภูมิของจุดเดือดโดยเฉลี่ยของสารตัวอย่างนั้น หรือเลือกใช้อุณหภูมิที่ต่ำสุดและสูงสุดที่สารนั้นจะกลายเป็นก๊าซเฟส และจะต้องไม่ใช้อุณหภูมิของคอลัมน์สูงกว่าอุณหภูมิสูงสุดของ liquid phase ที่กำหนดไว้ มิฉะนั้น liquid phase อาจจะสลายตัวแล้วระเหยออกไปทำให้เปอร์เซ็นต์ liquid phase เปลี่ยนไป ในที่สุดคอลัมน์อาจจะเสียได้

2.12 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาปริมาณความเข้มข้น ของ VOCs ในประเทศไทยยังไม่มีการศึกษามากนัก ซึ่งส่วนใหญ่จะทำการศึกษาในเขตกรุงเทพมหานครนั้น จากการศึกษาโดย Gee and Sollars, 1998 ศึกษาปริมาณการรับสัมผัสสาร VOCs ในเขตกรุงเทพมหานคร ซึ่งไม่ได้ระบุจุดเก็บตัวอย่าง เป็นการรับสัมผัสสาร VOCs ของบุคคลทั่วไปที่เดินทางไปมาระหว่างบ้านกับที่ทำงาน พบว่า Benzene Toluene Ethylbenzene m,p-Xylene และ o-Xylene มีปริมาณการรับสัมผัสสาร VOCs เฉลี่ยอยู่ที่ 18.2 186.0 36.6 81.0 และ 28.9 $\mu g/m^3$ ตามลำดับ นอกจากนี้ได้มีการศึกษาในเขตเมืองใหญ่ อาทิ เช่น เขตเมืองหาดใหญ่จังหวัด สงขลา โดย จงดี และคณะ, 2547 ซึ่งทำการติดตามตรวจสอบปริมาณ Benzene Toluene และ Xylene โดยใช้เทคนิค passive sampling ในช่วงระหว่างวันที่ 28 กรกฎาคม ถึง 12 สิงหาคม 2546 โดยขวดเก็บตัวอย่างบรรจุสารดูดซับชนิด Tenax TA ขนาด 60/80 mesh ถูกนำมาใช้ในการเก็บตัวอย่างอากาศเป็นระยะเวลาสองสัปดาห์ ซึ่งพบปริมาณความเข้มข้น Benzene Toluene และ Xylene ที่ตรวจวัดได้อยู่ในช่วง 3.2 – 5.4 38.0 – 80.3 และ 29.7 – 66.7 $\mu g/m^3$ ตามลำดับ โดยความเข้มข้นที่ตรวจพบบริเวณนอกเมืองหาดใหญ่รวมทั้งบริเวณสวนสาธารณะจะมีค่าต่ำ ซึ่งจากการศึกษาในครั้งนี้สารทั้งสามชนิดจะมีแนวโน้มลดลงเมื่อระดับความสูงจากพื้นดินเพิ่มมากขึ้น และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามทิศทางลม เมื่อพื้นที่ที่เก็บตัวอย่างมีลักษณะเป็นถนนแคบที่อยู่ระหว่างตึกสูง (street canyon) พบว่ามีความเข้มข้นของสารทั้งสามชนิดสูงที่สุดคือ 23.5 725.1 และ 267.9 $\mu g/m^3$ ตามลำดับ ซึ่งมีค่าสูงกว่ามาตรฐานที่ตั้งไว้โดยองค์การอนามัยโลก คือ 16.3 และ 260.0 $\mu g/m^3$ สำหรับ Benzene และToluene

ปริมาณความเข้มข้นของ VOCs ภายในและภายนอกอาคาร และปริมาณที่มนุษย์ได้รับสัมผัสนั้น ได้มีการศึกษาในหลายประเทศ Son และคณะ (2003) ได้ศึกษาความเข้มข้นของสารอินทรีย์ระเหยที่บุคคลได้รับสัมผัสภายในและภายนอกอาคารในประเทศเกาหลี ที่เมือง Asan และ Seoul โดยใช้ passive sampler ชนิด 3M Organic Vapor Monitor 3500 (OVM) และวิเคราะห์ปริมาณด้วย Gas Chromatography/Mass Spectrometry (GC/MS) โดยมี VOCs เป้าหมาย 10 ตัว คือ benzene trichloroethylene toluene o-xylene p-xylene ethylbenzene MIBK n-octane styrene และ 1,2 dichlorobenzene พบว่า ความเข้มข้น VOCs ภายในและภายนอกที่พักอาศัยในกรุง Seoul มีระดับสูงกว่าใน Asan ระดับของ VOCs ภายในอาคารและการได้รับสัมผัสจะมีความเกี่ยวข้องกับลักษณะบ้าน อันได้แก่ อายุบ้าน การสูบบุหรี่ภายในอาคาร และประเภทของบ้าน

จากการศึกษาของ Kostiainen (1995) เกี่ยวกับสารระเหยอินทรีย์ในอาคารจากบ้านซึ่งไม่มีการต่อเติมซ่อมแซมหรือมีการซ่อมแซมมาแล้วอย่างน้อย 1 ปี ครึ่ง (normal houses) และบ้านซึ่งมีการร้องเรียนเกี่ยวกับกลิ่นหรือ ผู้อาศัยมีลักษณะอาการเหมือนกับ sick building syndrome (sick houses) ในเมือง Helsinki ประเทศ Finland พบ VOCs หลายชนิด ได้แก่ alkylbenzene alkanes terpenes aliphatic aldehydes และ chlorinated aliphatic hydrocarbon การเก็บตัวอย่าง normal

houses 50 หลัง และ sick houses 38 หลัง พบว่า ความเข้มข้นของ VOCs จะสูงกว่าปกติใน sick houses และมีปริมาณมากกว่าใน normal houses จึงทำให้ทราบว่าลักษณะของบ้านมีผลกับปริมาณความเข้มข้นของ VOCs

การศึกษาสารประกอบ volatile organohalogen (VOHCs) 18 ตัว ในอากาศภายในอาคารและนอกอาคาร ในเมือง Shizuoka ประเทศญี่ปุ่น (Olansandan และคณะ, 1999) ซึ่งสารทั้ง 18 ชนิด ได้รับความสนใจในการศึกษามลพิษทางอากาศภายในอาคาร ซึ่งเป็นสาร VOCs ที่ใช้เป็นส่วนผสมในสารขับไล่แมลง น้ำยาซักผ้าและน้ำยาซักแห้ง น้ำยาล้างรถ และล้างจาน ผู้วิจัยดำเนินการเก็บตัวอย่างโดยใช้ passive sampler ชนิดที่เรียกว่า passive gas tube (8015-066) จากการสำรวจ $VOHC_s$ บริเวณในอาคารและนอกอาคาร โดยทั่วไปจะพบความเข้มข้นของ 1,1-dichloroethylene dichloromethane 1,1,1-trichloroethylene carbon tetrachloride และ trichloroethylene โดยจะพบความเข้มข้นของ trihalomethanes p-dichlorobenzene และ tetrachloroethylene ภายในอาคารสูงกว่าภายนอกอาคาร ปัจจุบันการใช้เทคนิคการเก็บตัวอย่างแบบ passive sampling โดยใช้ passive gas tube เพื่อศึกษาการรับสัมผัสสารในอากาศโดยบุคคลนั้นกำลังได้รับความนิยมและมีความเหมาะสม เนื่องจากพกพาได้สะดวก ขนาดเล็ก น้ำหนักเบา และไม่มีเสียงรบกวน จึงสามารถใช้ตรวจวัดอากาศภายในอาคารและการรับสัมผัสของบุคคลได้อย่างเหมาะสม (Chung และคณะ, 1999)

การศึกษาของ Schneider และคณะ (2001) เกี่ยวกับปริมาณ BTX (benzene, toluene, ethylbenzene ortho-xylene meta-xylene และ para-xylene) ภายในและภายนอกอาคารในเมืองใหญ่ของประเทศเยอรมัน โดยศึกษาปัจจัยเกี่ยวกับระยะทางและฤดูกาลที่มีผลต่อความเข้มข้นของ BTX ในเมือง Erfurt (เยอรมันตะวันออก) และเมือง Hamburg (เยอรมันตะวันตก) ดำเนินการเก็บตัวอย่าง BTX โดยใช้ OVM 3500 passive diffusion sampling ในพื้นที่ภายในอาคาร ได้แก่ ห้องนั่งเล่นและห้องนอน และภายนอกอาคาร ได้แก่ นอกหน้าต่างห้องนั่งเล่น เป็นเวลา 1 สัปดาห์ พบว่า เมือง Erfurt พบปริมาณ BTX ภายในอาคารและภายนอกอาคารเพียงเล็กน้อย แต่มีค่าเฉลี่ยสูงกว่าที่พบในเมือง Hamburg อย่างมีนัยสำคัญ นอกจากนี้ยังพบว่าปริมาณ BTX ที่พบ ในฤดูหนาวจะมีปริมาณสูงกว่าฤดูร้อน เนื่องจากในฤดูหนาวมีการใช้เครื่องทำความร้อน ซึ่งถือเป็นแหล่งกำเนิดของ BTX ที่สำคัญ จากการประเมินผลกระทบมลพิษทางอากาศภายในอาคารของ Mohamed และคณะ (2002) พบว่า ประชาชนจะได้รับสัมผัสสารมลพิษภายในอาคารทุกวัน ซึ่งประกอบด้วย เบนซิน และอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอนและจะพบมากที่สุดในเขตเมือง

การศึกษาเกี่ยวกับการรับสัมผัส VOCs ของบุคคลทั่วไปนั้นจะมีการใช้แบบสอบถามเพื่อบันทึกเวลาและ กิจกรรมของบุคคลที่เก็บตัวอย่าง เพื่อนำมาประกอบการวิเคราะห์ข้อมูล ข้อมูลที่บันทึกจะเกี่ยวข้องกับระยะเวลาที่ใช้ในแต่ละสถานที่ เช่น ภายในที่พักอาศัยและที่ทำงานและภายนอกที่พักอาศัย พร้อมทั้งกิจกรรมที่กระทำในแต่ละสถานที่ (Freeman และคณะ, 1999) Edwards และคณะ (2001) ได้ทำการตรวจวัดปริมาณการรับสัมผัสสาร VOCs ของบุคคลทั่วไปในบริเวณภาย

ในและภายนอกที่พักอาศัยและสถานที่ทำงาน ใน EXPOLIS-Helsinki ประเทศ Finland โดยใช้แบบสอบถามที่ครอบคลุมรายละเอียดของกิจกรรมทั่วไปและพฤติกรรมการเดินทางของผู้ที่เข้าร่วมเก็บตัวอย่างและลักษณะของที่พักอาศัยและสถานที่ทำงานซึ่งประกอบด้วย ประเภทของสิ่งก่อสร้าง การสูบบุหรี่ ผลิตภัณฑ์ที่ใช้ในชีวิตประจำวัน การระบายอากาศ ปริมาณการจราจร พื้นที่ตั้งและบริเวณที่ใกล้เคียง ซึ่งข้อมูลที่ได้เหล่านี้นำมาวิเคราะห์สัดส่วนเวลาที่ใช้จริง เพื่อใช้เป็นแนวทางในการคาดคะเนปริมาณการรับสัมผัส VOCs ของบุคคลในสถานที่นั้นๆ เมื่อทราบปริมาณความเข้มข้นของ VOCs ในบรรยากาศบริเวณภายในและภายนอก

จากการศึกษาปริมาณ VOCs ในบรรยากาศ ในเขตเมืองของ Izmir ประเทศ ตุรกี ซึ่งทำการเก็บตัวอย่างในช่วงเวลากลางวัน และช่วงระยะกลางคืนตลอดคืน ระหว่างกลางเดือนสิงหาคม-กลางเดือนกันยายน 1998 พื้นที่เก็บตัวอย่างจะเป็นปริมาณการจราจรบนถนน และระยะทางเชื่อมต่อแหล่งกำเนิด VOCs ทำการวิเคราะห์ตัวอย่าง พบ Benzene Toluene m,pXylene และ o-Xylene (BTX) alkylbenzene (ได้แก่ Ethylbenzene 1,3,5-Trimethylbenzene 1,2,4-Trimethylbenzene) n-Hexane และ n-Heptane ซึ่งพบ Toluene มีปริมาณ 27.8 $\mu g/m^3$ และสูงกว่าสารชนิดอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญ (Muezzinoglu และคณะ, 2000)

การศึกษาเกี่ยวกับการรับสัมผัสสาร VOCs ของบุคคลที่เดินทางไปมาระหว่างบ้านกับที่ทำงาน ของ Hsien และคณะ, 1999 วัตถุประสงค์ในการศึกษาในครั้งนี้เพื่อเปรียบเทียบสารอินทรีย์ระเหย (VOCs) บริเวณ 6 ถนนหลักในเมือง Taichung ซึ่งเป็นเมืองขนาดใหญ่อันดับ 3 ของประเทศไต้หวัน ซึ่งเก็บตัวอย่างและวิเคราะห์ตัวอย่างโดยใช้วิธีของ US EPA TO – 17 ซึ่งผลปริมาณ VOCs จากการเดินทางโดยรถยนต์และรถจักรยานยนต์จะได้รับสัมผัสปริมาณความเข้มข้นของ VOCs สูงที่สุด โดยมีความเข้มข้น 2149 และ 1343 $\mu g/m^3$ ตามลำดับ บริเวณถนน Ta-Ya ซึ่งโดยส่วนใหญ่ผู้ที่เดินทางโดยรถจักรยานยนต์จะได้รับสัมผัสปริมาณความเข้มข้นของ VOCs สูงกว่าผู้ที่ขับรถยนต์ในถนน ทั้ง 5 ยกเว้นบริเวณถนน Ta-Ya และเมื่อนำข้อมูลจากการศึกษาในครั้งนี้ที่มาจากแหล่งกำเนิดจากยานพาหนะใน Taichung เปรียบเทียบกับการศึกษาใน Taipei พบว่า Taichung จะต่ำกว่า Taipei เล็กน้อยแต่มีปริมาณสูงกว่าเมืองอื่นๆในประเทศ 2 – 30 เท่า และมีค่าสูงกว่าประเทศอื่นๆในเอเชีย ยุโรป และอเมริกาเหนือและใต้ 2 – 3 เท่า ซึ่งจากข้อมูลปริมาณการรับสัมผัสสาร VOCs ที่กล่าวข้างต้นทำให้ทราบว่าคนที่พักอาศัยที่เดินทางไปมาระหว่างบ้านกับที่ทำงานในเมือง Taichung มีความเสี่ยงที่จะรับสัมผัสสาร VOCs ประเภท Hydrocarbon สูง โดยสารดังกล่าวจะส่งผลต่อสุขภาพของผู้ที่อยู่บริเวณนั้น

จากการศึกษาปริมาณ BTEX (benzene, toluene, ethylbenzene และ xylene) ที่ได้จากการรับสัมผัสในเขตเมือง 4 เมืองของประเทศออสเตรเลีย คือ Sydney Melbourne Perth และ Adelaide โดยกระทรวงสิ่งแวดล้อม, 20004 ทำการเก็บตัวอย่างโดยใช้ passive sampler เก็บ 24 ชั่วโมง เป็นเวลา 5 วัน มีผู้ร่วมเก็บตัวอย่างทั้งหมด 207 คน ที่ไม่ได้สูบบุหรี่ พบปริมาณการรับสัมผัสสาร

benzene, toluene, ethylbenzene และ xylene เฉลี่ย 23.8 2120 119 และ 697 ppb ตามลำดับ ซึ่งจากการศึกษาทั้ง 4 เมือง พบว่า ผู้ร่วมเก็บตัวอย่างที่พักอาศัยอยู่บริเวณเมือง Sydney จะได้รับสัมผัสสาร BTEX สูงกว่าเมืองอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญ เนื่องจากบริเวณเมือง Sydney มีการจราจรที่หนาแน่นกว่าเมืองอื่นๆ ซึ่งเป็นแหล่งกำเนิดของสาร BTEX จากยานพาหนะ จึงทำให้ทราบว่าสาร BTEX มาจากรถยนต์เป็นหลัก

การศึกษาการรับสัมผัสสาร VOCs ของ Ortiz และคณะ, 2001 ศึกษาปริมาณ VOCs ที่บุคคลได้รับสัมผัสระหว่างการเดินทางไปมาระหว่างบ้านกับที่ทำงานในเขตเมือง ประเทศเม็กซิโก พบว่า Benzene Toluene Ethylbenzene m,p-Xylene และ o-Xylene มีปริมาณการรับสัมผัสสาร VOCs เฉลี่ยอยู่ที่ 13.5 78.9 8.6 19.4 และ8.7 $\mu g/m^3$ ตามลำดับ ซึ่งจากการรับสัมผัสปริมาณดังกล่าวนั้นจะขึ้นอยู่กับปริมาณการจราจรเป็นหลัก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 พื้นที่ศึกษา

3.1.1 เกณฑ์กำหนดพื้นที่ศึกษา

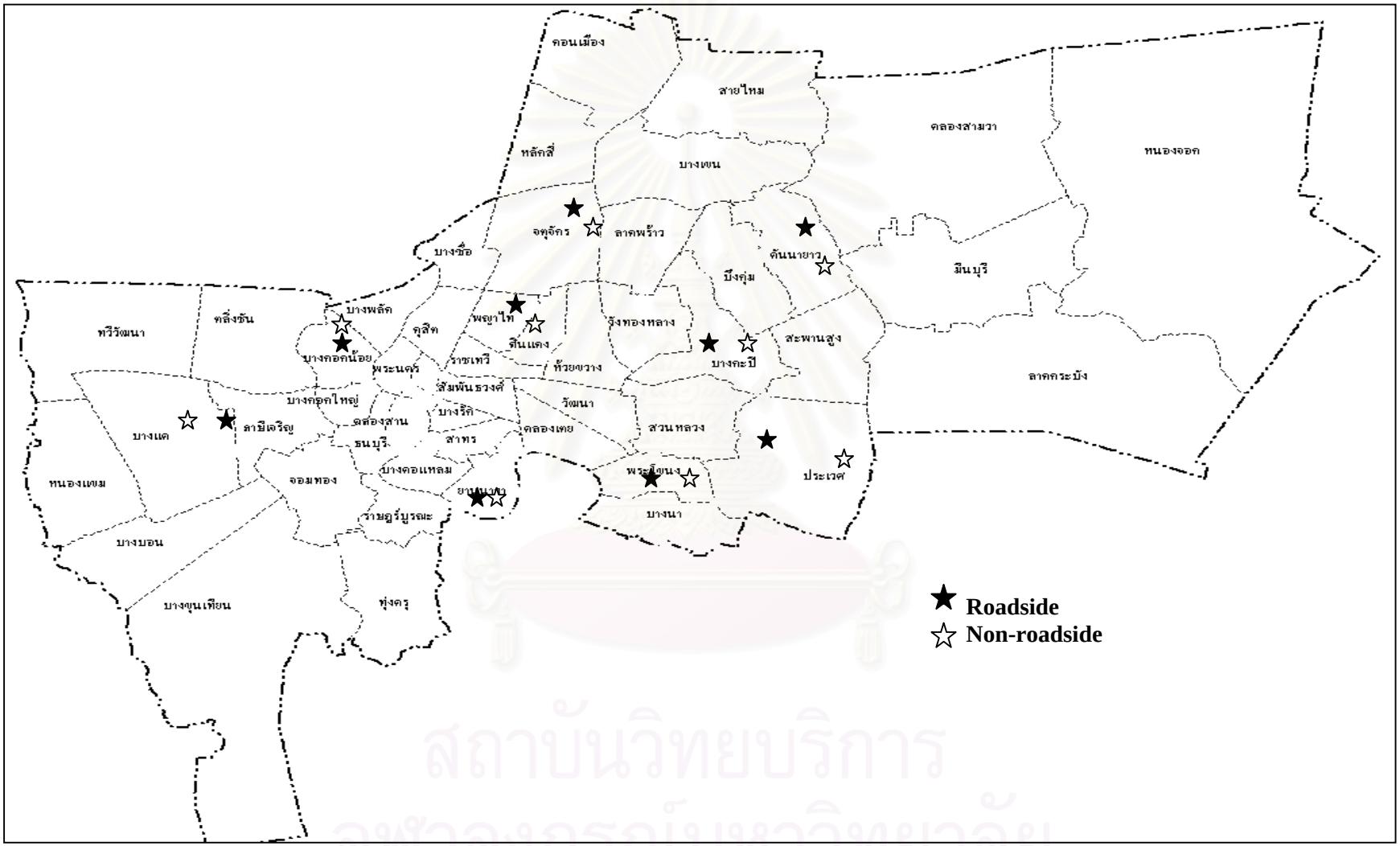
พื้นที่ศึกษาที่ใช้เก็บตัวอย่างคือบริเวณที่พักอาศัยซึ่งไม่มีการสูบบุหรี่ ในเขตกรุงเทพมหานคร ซึ่งตำแหน่งที่ตั้งของจุดเก็บตัวอย่าง แสดงในภาพที่ 3.1 โดยกำหนดลักษณะพื้นที่เก็บตัวอย่าง ดังนี้

1) พื้นที่ริมถนน (roadside) คือ พื้นที่ที่อยู่ห่างจากขอบถนน ไม่เกิน5 เมตร ลักษณะที่พักอาศัยเป็นที่พักอาศัย ประเภทอาคารพาณิชย์ตั้งอยู่บริเวณถนนสายหลักในเขตกรุงเทพมหานคร จำนวน 9 แห่ง รายละเอียดตำแหน่งที่ตั้ง แสดงในตารางที่ 3.1 และภาพที่ 3.2(ก)-3.2(ฌ)

2) พื้นที่ทั่วไป (non-roadside) คือ พื้นที่ซึ่งห่างจากขอบถนน มากกว่า 15 เมตร ลักษณะที่พักอาศัยเป็นที่พักอาศัย ประเภทบ้านเดี่ยวหรือทาวเฮาส์ ในเขตกรุงเทพมหานคร จำนวน 9 แห่ง รายละเอียดตำแหน่งที่ตั้งดังแสดงในตารางที่ 3.1 และภาพที่ 3.2(ก)-3.2(ฌ)

ตารางที่ 3.1 พื้นที่ในการเก็บตัวอย่างบริเวณที่พักอาศัย ในเขตกรุงเทพมหานคร

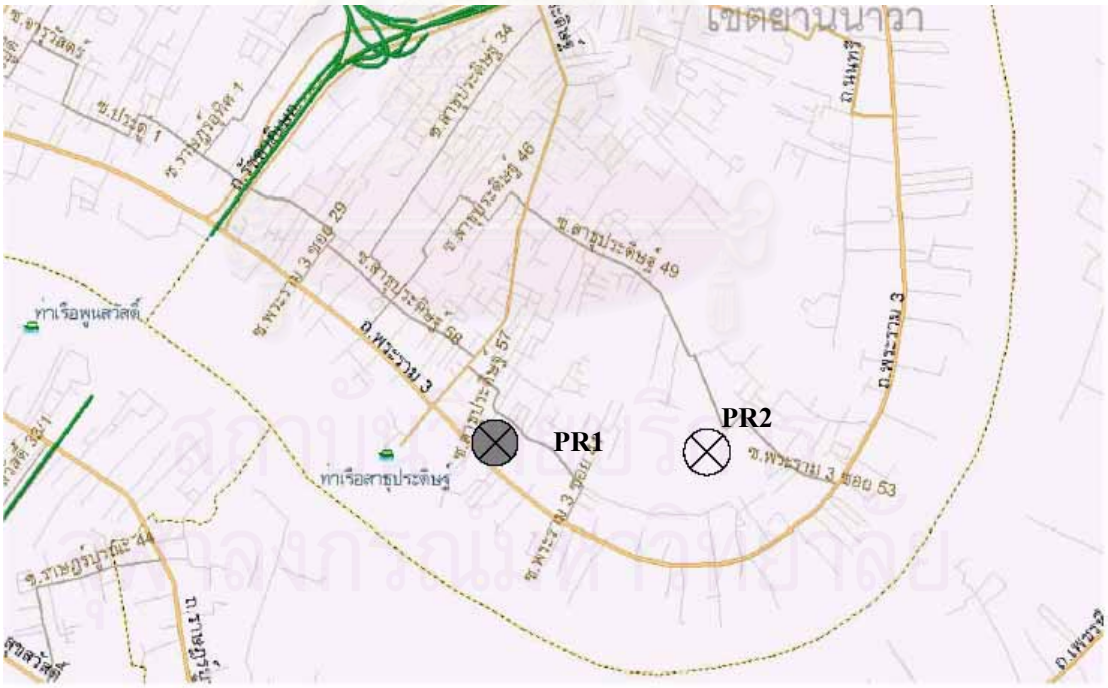
ชื่อเขต	พื้นที่ริมถนน (roadside)	พื้นที่ทั่วไป (non-roadside)
เขตพระโขนง	ถนนสุขุมวิท (SK1)	สุขุมวิท 93 ซอยพึ่งมี บางจาก (SK2)
เขตยานนาวา	ถนนพระราม3 (PR1)	ซอยพระรามที่3 ซอย 53 (PR2)
เขตจตุจักร	ถนนพหลโยธิน (PT1)	ซอยเสนานิคม (PT2)
เขตราชเทวี+ดินแดง	ถนนพญาไท(PY1)	สวนจิตรลดา (PY2)
เขตบางกะปิ	ถนนลาดพร้าว (LP1)	ลาดพร้าว36 (LP2)
เขตบางกอกน้อย	ถนนจรัญสนิทวงศ์(JW1)	บางขุนนนท์ (JW2)
เขตบางแค	ถนนเพชรเกษม (PK1)	บางไผ่ (PK2)
เขตประเวศ	ถนนศรีนครินทร์ (SR1)	สวนหลวง (SR2)
เขตคันนายาว	ถนนรามอินทรา (RT1)	รามอินทรา กม.8 (RT2)



ภาพที่ 3.1 ตำแหน่งที่ตั้งของจุดเก็บตัวอย่างบริเวณที่พักอาศัย ในเขตกรุงเทพมหานคร

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

(ก) พื้นที่ศึกษา สุขุมวิท



(ข) พื้นที่ศึกษา พระราม 3

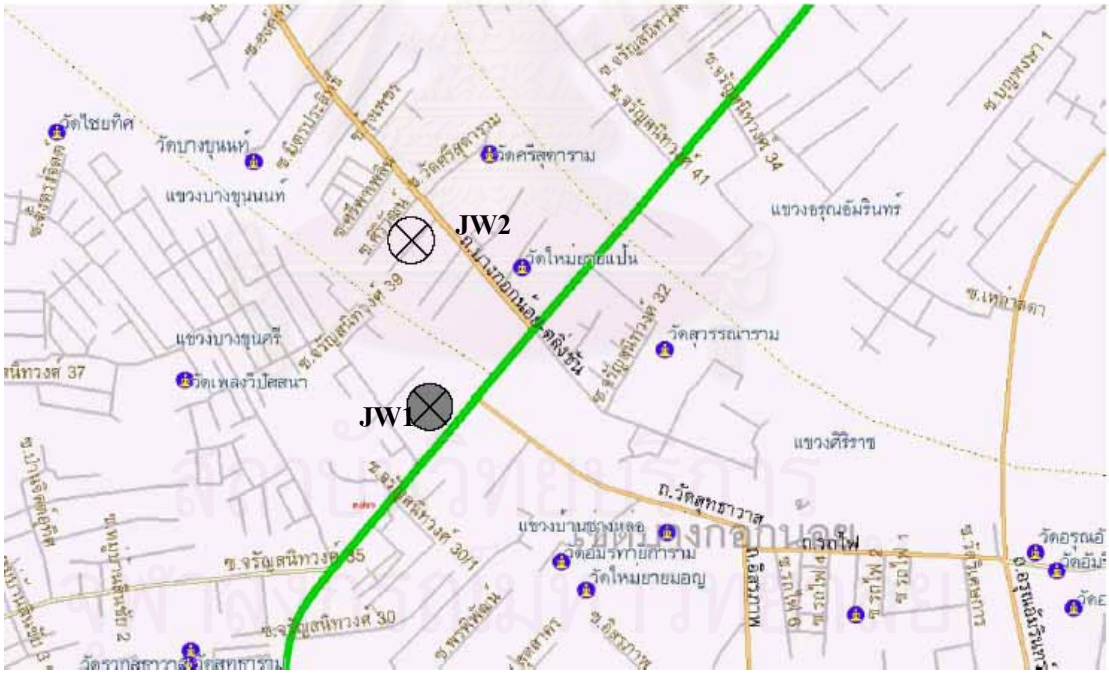
ภาพที่ 3.2 พื้นที่ในการเก็บตัวอย่าง บริเวณที่พักอาศัย ในเขตกรุงเทพมหานคร ทั้ง 9 แห่ง

(ค) พื้นที่ศึกษา พหลโยธิน

(ง) พื้นที่ศึกษา พญาไท

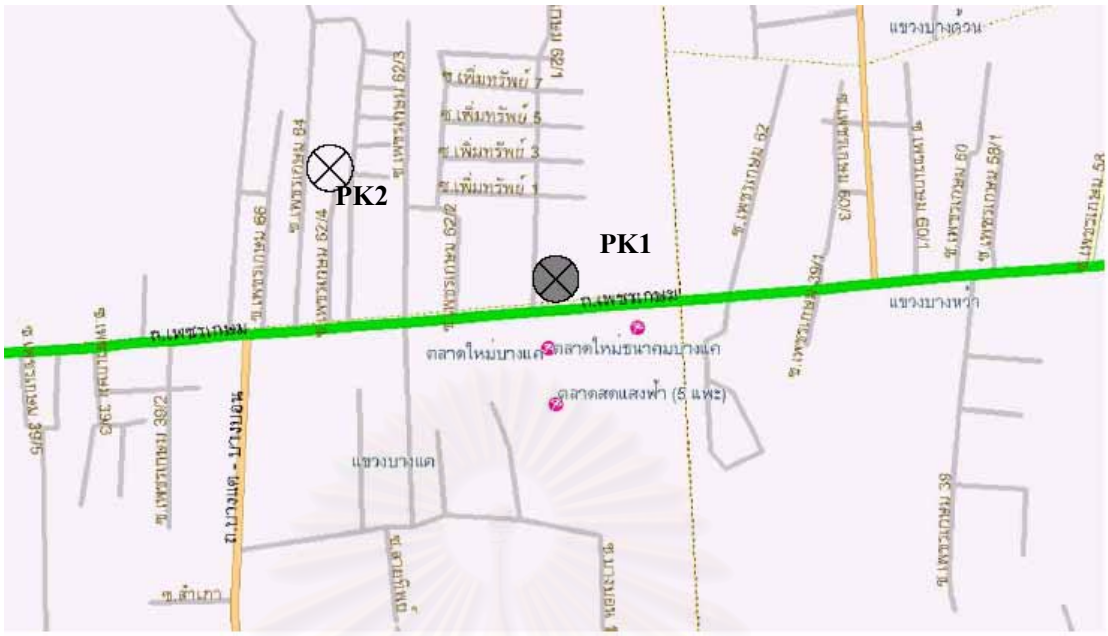
ภาพที่ 3.2 (ต่อ) พื้นที่ในการเก็บตัวอย่าง บริเวณที่พักอาศัย ในเขตกรุงเทพมหานคร ทั้ง 9 แห่ง

(จ) พื้นที่ศึกษา ลาดพร้าว

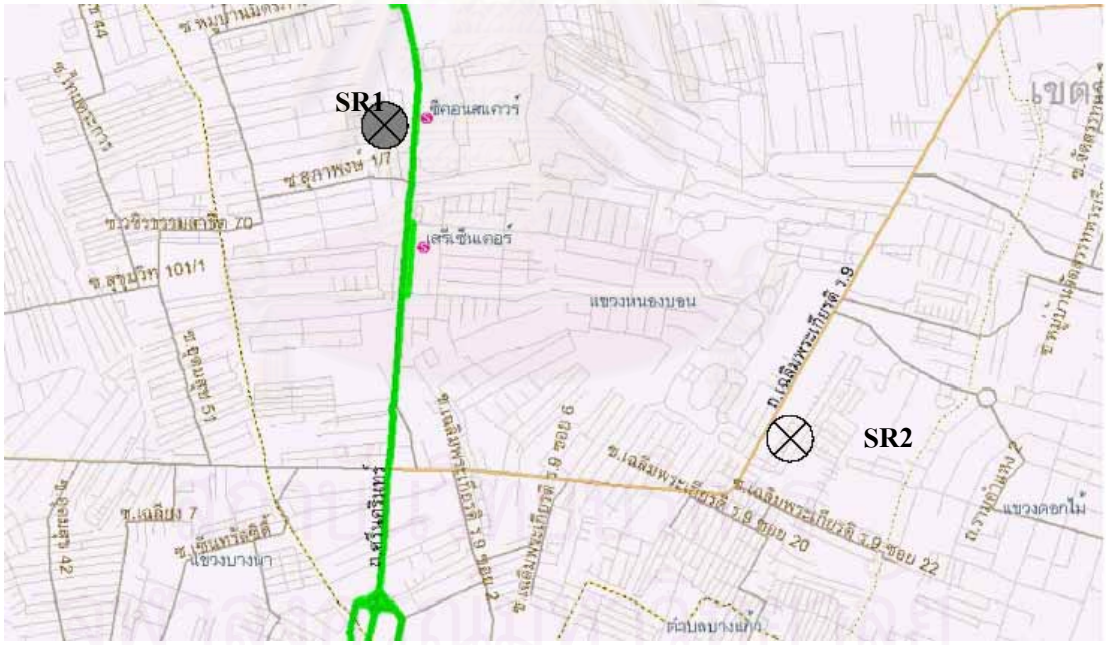


(ฉ) พื้นที่ศึกษา จรัญสนิทวงศ์

ภาพที่ 3.2 (ต่อ) พื้นที่ในการเก็บตัวอย่าง บริเวณที่พักอาศัย ในเขตกรุงเทพมหานคร ทั้ง 9 แห่ง



(ช) พื้นที่ศึกษา เพชรเกษม



(ซ) พื้นที่ศึกษา ศรีนครินทร์

ภาพที่ 3.2 (ต่อ) พื้นที่ในการเก็บตัวอย่าง บริเวณที่พักอาศัย ในเขตกรุงเทพมหานคร ทั้ง 9 แห่ง

(ฌ) พื้นที่ศึกษา รามอินทรา

ภาพที่ 3.2 (ต่อ) พื้นที่ในการเก็บตัวอย่าง บริเวณที่พักอาศัย ในเขตกรุงเทพมหานคร ทั้ง 9 แห่ง

3.2 อุปกรณ์การเก็บตัวอย่าง และเครื่องมือวิเคราะห์ตัวอย่าง

3.2.1 อุปกรณ์การเก็บตัวอย่าง

อุปกรณ์การเก็บตัวอย่าง แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ ชุดเก็บตัวอย่างแบบ passive (Passive Sampler) และชุดเก็บตัวอย่างแบบ active (Active Sampler)

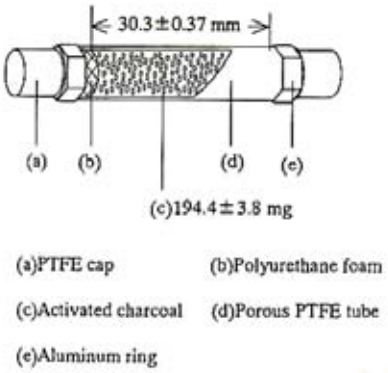
3.2.1.1 Passive Sampler

1) หลักการทำงานของ Passive sampler

การเก็บตัวอย่างโดย passive sampler เป็นการเก็บโดยอาศัยหลักการของ passive sampling ซึ่งเป็นการเก็บตัวอย่างโดยอาศัยการเคลื่อนที่ของโมเลกุลก๊าซจากความเข้มข้นสูงไปสู่ความเข้มข้นต่ำ ณ สภาวะ steady state โดยการดูดซึมทางเคมี หรือ การดูดซับทางด้านกายภาพบนตัวกลาง (medium) ซึ่งวิธีนี้ไม่ต้องใช้ปั๊มในการเก็บตัวอย่าง

2) องค์ประกอบ ของ Passive sampler

Passive sampler เป็นหลอดชนิด PTFE passive gas tube ผลิตโดยบริษัท Shibata Scientific Technology (code 8015-066) ที่บรรจุ granular activated charcoal หลอดมีความยาว 30.30 $\pm$ 0.37 mm และมีปริมาณของ granular activated charcoal 194.4 $\pm$ 3.8 mg (Olansandan และคณะ, 1999) โครงสร้างและขนาดของ passive sampler แสดงในภาพที่ 3.3



ภาพที่ 3.3 โครงสร้างของ passive sampler (Olansandan และคณะ, 1999)

3.2.1.2 Active Sampler

1) หลักการทำงานของ Active Sampler

การเก็บตัวอย่างโดย active sampler เป็นการเก็บโดยอาศัยหลักการของ active sampling ซึ่งเป็นการเก็บตัวอย่างอากาศที่ต้องอาศัยปั๊มในการดูดตัวอย่างอากาศ เพื่อเก็บสารที่ต้องการตรวจสอบผ่านตัวกลาง (collection medium) โดยอาศัยหลักการดูดซับ (Adsorption)

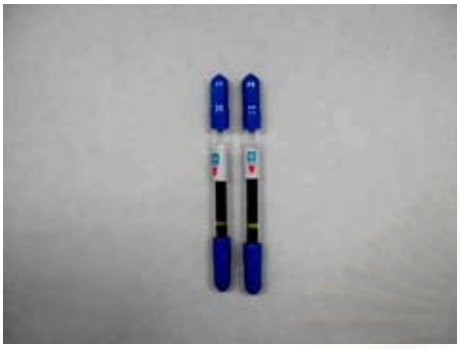
การดูดซับของก๊าซตัวอย่างเกิดขึ้นที่ผิวของตัวดูดซับ โดยที่โมเลกุลของก๊าซจะรวมตัวและดูดด้วยแรงดึงดูดระหว่างโมเลกุลเข้าหาผิวของวัสดุที่ดูดจับตัวอย่างณ อุณหภูมิเดียวกัน ปริมาณก๊าซที่ถูกดูดจะเป็นสัดส่วนกับความดันของก๊าซ นอกจากนี้การดูดซับยังขึ้นกับพื้นที่ผิวของวัสดุที่ดูดซับ ปริมาณก๊าซต่าง ๆ ที่ถูกดูดซับจะเป็นสัดส่วนผกผันกับความสามารถในการระเหย

สารที่สามารถดูดซับอะตอมหรือโมเลกุลของสารอื่น เรียกว่าสารดูดซับ (Adsorbent) โดยทั่วไปแล้ววัสดุที่ใช้เป็นสารดูดซับจะมีลักษณะเป็นรูพรุนเพื่อเพิ่มพื้นที่ผิวขนาดของรูพรุน (pore size) และขนาดของอนุภาคเป็นลักษณะสำคัญต่อการดูดซับอะตอมหรือโมเลกุลที่ถูกดูดซับ เรียกว่าสารถูกดูดซับ(Adsorbate) ส่วนขบวนการที่ทำให้สารถูกดูดซับหลุดออกจากผิวของตัวดูดซับเรียกว่าดีซอฟชั่น (Desorption)

2) องค์ประกอบของ Active Sampler

Active Sampler เป็นหลอดแก้วที่บรรจุ activated charcoal ขนาด 20-40 mesh หรือเรียกว่า Charcoal glass tubes ผลิตโดยบริษัท Shibata Scientific Technology (code 8015-0542) ลักษณะหลอด แยกออกเป็น 2 ส่วน คือส่วนบนบรรจุ activated charcoal 400 mg และส่วนล่างบรรจุ 200 mg ลักษณะของหลอดactivesamplerแสดงในภาพที่3.4(ก)

การเก็บตัวอย่างต้องนำหลอดเก็บตัวอย่างต่อเข้ากับ Personal Pump (Personal Air Sampler ผลิตโดยบริษัท Shibata Scientific Technology) และทำการปรับเทียบอัตราการไหลของก๊าซ ทุกครั้ง ดังชุดอุปกรณ์ที่แสดงในภาพที่ 3.4 (ข)



(ก)

(ข)

ภาพที่ 3.4โครงสร้างของ active sampler(ก) และชุด caliblate flow(ข)

3.2.2 เครื่องมือวิเคราะห์ตัวอย่าง

เครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์ตัวอย่าง VOCs คือ Gas Chromatography/Mass Spectrometry (GC/MS) รุ่น 6890 ของ Hewlett –Packard ต่อกับ Mass Spectrometer HP 5973 กับ HP 6890 auto sampler และติดตั้ง capillary column DB-5MS ขนาด 60 m x 0.32 mm 1.0 μm film thickness ของ J&W และใช้ Helium (>99.995%) เป็น carrier gas ในการวิเคราะห์สารตัวอย่าง VOCs ดัง แสดงในภาพที่ 3.5

ภาพที่ 3.5 GC ต่อกับ Mass Spectrometer และ auto sampler

3.3 วิธีดำเนินการศึกษา

3.3.1 การวิเคราะห์ชนิดและปริมาณของสาร VOCs

1) หาสภาวะที่เหมาะสมในการวิเคราะห์ชนิดและปริมาณของสาร VOCs วิเคราะห์โดยใช้เครื่อง GC/MS ที่ห้องปฏิบัติการของภาควิชา วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ โดยทำการวิเคราะห์สารละลายมาตรฐาน VOCs ชนิด Japanese 52 component indoor air ใช้สภาวะการวิเคราะห์ดังตารางที่3.2 และใช้ปริมาตรในการฉีดเข้าเครื่อง GC/MS 1.0 µl ซึ่งในเบื้องต้นใช้เทคนิค SCAN mode เพื่อหา Retention time ของสารละลายมาตรฐาน VOCs

ตารางที่ 3.2 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของคอลัมน์ที่ใช้ในการ วิเคราะห์สารตัวอย่าง VOCs

Oven Ramp	°C/min	Next °C	Hold min	Run Time
Initial		35	10.00	10.00
Ramp 1	5.00	220	5.00	52.00

เมื่อทราบค่า Retention time ของสารมาตรฐานแล้ว ปรับเทคนิคที่ใช้ในการวิเคราะห์สารตัวอย่างเพื่อหาชนิดและปริมาณของ VOCs เป็นเทคนิค Selected-ion monitoring (SIM)

2) การสร้าง Calibration curve

ทำการสร้าง Calibration curveโดยใช้สารละลายมาตรฐาน VOCs ที่มีความเข้มข้นแตกต่างกัน 10 ความเข้มข้นดังนี้ 50, 100, 250, 500, 1000, 2000, 4000, 6000,8000 และ 10000 ng/ml ซึ่งแต่ละความเข้มข้นจะมีสารละลายมาตรฐาน toluene – d8 (internal standard) ที่ความเข้มข้น 438 ng/ml รวมอยู่ด้วย

3) Limit of detection (LOD)

Limit of detection หมายถึง การหาขีดความสามารถในการวิเคราะห์สารละลายมาตรฐาน VOCs ของเครื่อง GC/MS โดยดูจากความเข้มข้นต่ำสุดที่เครื่องมือสามารถวัดสารนั้นได้ พิจารณาจาก ค่า Signal เปรียบเทียบกับ Noise ซึ่งนิยมใช้ค่า signal : noise = 3 : 1 โดยความเข้มข้นต่ำสุดของสารละลายมาตรฐานที่ใช้ในครั้งนี้ คือ 10 ng/ml สำหรับการรายงานผลของตัวอย่างที่ไม่สามารถตรวจวัดได้จะแสดงเป็นค่า ND (not detected) ค่า LOD สามารถคำนวณ ได้จาก สมการที่ 3.1

$$LOD = \frac{3 \; x \; \text{ความเข้มข้นต่ำสุดที่ใช้ (ng/ml)} \; x \; \delta}{\bar{x}} \quad (3.1)$$

$$\delta = \sqrt{(x_i - \bar{x})^2 / (n - 1)}$$

โดยค่า δ = ความเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูล

x_i = peak area ของ VOCs target ที่ตรวจวัดครั้งที่ i

$\bar{x}$ = peak area เฉลี่ยของ VOCs target ที่ตรวจวัดครั้งที่ i ถึงครั้งที่ n

n = จำนวนครั้งในการตรวจวัด

4) การคำนวณปริมาณสารตัวอย่าง VOCs

การตรวจหาปริมาณ VOCs ในตัวอย่างสามารถทำได้โดยการเทียบกับ สารละลายมาตรฐาน VOCs ที่มีสารละลายมาตรฐาน toluene – d8 (internal standard) ที่ความเข้มข้น 438 ng/ml สารตัวอย่าง VOCs ที่ได้จากการวิเคราะห์จะได้ค่าเป็น ไมโครกรัม (µg) แสดงวิธีการคำนวณปริมาณสารตัวอย่างดัง สมการที่ (2)

$$\text{Mass of VOCs (µg)} = \frac{(P_{t/s}/P_{it/s})-(P_{t/sb}/P_{it/sb}) \; x \; C_{std} \; x \; V_s}{(P_s/P_{it})} \quad (3.2)$$

C_{std} = ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐาน 1000 ng/ml (µg/ml)

$P_{t/s}/P_{it/s}$ = Peak area ของ VOCs ในตัวอย่าง ต่อ Peak area ของ internal standard

$P_{t/sb}/P_{it/sb}$ = Peak area ของ VOCs ใน blank ต่อ Peak area ของ internal standard

P_s/P_{it} = Peak area ของ VOCs ในสารละลายมาตรฐานต่อ Peak area ของ internal standard

V_s = ปริมาตรของตัวอย่าง 1ml

3.3.2 การทดสอบวิธีการสกัดสาร VOCs โดยทำ Recovery test

1) การทดสอบวิธีการสกัด สามารถทำได้ โดยใช้ microsyringe ฉีด (spiked) สารละลายมาตรฐานที่ความเข้มข้น1000 ng/ml ที่มีสารละลายมาตรฐาน toluene – d8 (internal standard) ที่ความเข้มข้น 438 ng/ml เข้าไปใน passive gas tube จำนวน 10 หลอด แล้วทำการปิดหลอดทันที หลังจากนั้นทิ้งไว้ 30 นาที ในบริเวณที่มีอากาศบริสุทธิ์ นำหลอดที่ไม่ได้ฉีดสารละลายมาตรฐาน (blank) จำนวน 2 หลอด ไปทดสอบโดยวิธีเดียวกัน จากนั้นนำหลอดตัวอย่างที่ฉีดสารละลายมาตรฐานและ blank ที่ไม่ได้ฉีดสารละลายมาตรฐานมาสกัดและวิเคราะห์ต่อไป

2) การสกัดด้วยสารละลาย

ทำการสกัดโดยนำ activated charcoal ใน passive gas tube มาบรรจุในหลอดแก้วทดลองผสมกับตัวทำละลาย carbon disulfide (CS_2) ปริมาตร 1 ml ทำการเขย่าที่อุณหภูมิห้อง 5 นาที และตั้งทิ้งไว้ให้เกิดปฏิกิริยาประมาณ 1 ชั่วโมง และนำไป centrifuged ที่อุณหภูมิ 4 °C (องศาเซลเซียส) ที่ความเร็ว 3000 rpm (รอบ/นาที) เป็นเวลา 10 นาที นำสารละลายส่วนใสที่ได้จากการสกัดไปวิเคราะห์โดยใช้ GC/MS ซึ่งวิธีนี้เป็นวิธีที่ดัดแปลงมาจากวิธีของ Olansandanและคณะ, 1999 ขั้นตอนการสกัดสามารถแสดงได้ดังภาพที่ 3.6 ส่วนการสกัดในตัวอย่างนั้น จะฉีด(spiked)สารละลายมาตรฐาน toluene – d8 (internal standard) หลังจากเก็บตัวอย่างแล้ว หลังจากนั้นทิ้งไว้ 30 นาทีในบริเวณที่มีอากาศบริสุทธิ์ แล้วจึงนำมาสกัด ตามวิธีข้างต้นเนื่องจากต้องเก็บรักษาหลอดเก็บตัวอย่างให้สนิท เพื่อป้องกันการเล็ดลอดของอากาศเข้าสู่หลอดเก็บตัวอย่างก่อนเปิดใช้เก็บตัวอย่างจริง จึงดัดแปลงวิธีเล็กน้อยเพื่อให้ได้ผลในลักษณะเดียวกันตามที่ทดสอบวิธีการสกัด

3) การคำนวณ เปอร์เซ็นต์ Recovery test ของ VOCs หลังจากวิเคราะห์โดยใช้ GC/MS แล้ว ดังสมการที่ (3.3)

$$\%\ \text{Recovery test VOCs} = (B-C)/A \times 100 \qquad (3.3)$$

โดยให้ค่า A = ปริมาณ VOCs ของสารละลายมาตรฐานที่ความเข้มข้น1000 ng/ml(µg)

B = ปริมาณ VOCs ที่วิเคราะห์จากหลอดตัวอย่างที่ฉีดสารละลายมาตรฐาน (µg)

C = ปริมาณ VOCs ที่วิเคราะห์จากหลอดตัวอย่าง blank (µg)

3.3.3 การหาความสัมพันธ์ระหว่างวิธีการเก็บแบบ passive และ active

1) นำชุดเก็บตัวอย่างทั้งแบบที่เก็บโดย Passive และ Active Sampling มาเปรียบเทียบกัน โดยนำชุดอุปกรณ์ที่เก็บโดยวิธี active และ passive gas tube ไปวางที่บริเวณ และเวลาเดียวกันเป็นเวลา 24 ชั่วโมง ดังแสดงในภาพที่ 3.7 การศึกษาความสัมพันธ์ โดยทำการตรวจวัด 12 จุ ด รายละเอียดของจุดที่วางชุดเก็บตัวอย่าง แสดงในภาคผนวก ก

2) หลังจากเก็บตัวอย่างครบ 24 ชั่วโมงแล้ว นำหลอดเก็บตัวอย่างแบบ passive และ active ไปสกัดตามวิธีในข้อ 3.2.2 (2) สำหรับตัวอย่างที่เก็บโดยวิธี active ใช้ปริมาณ CS_2 เป็น 2 ml สำหรับ activated charcoal ที่อยู่ชั้นบน และ 1 ml สำหรับชั้นล่าง และวิเคราะห์ชนิดและปริมาณโดยใช้ GC/MS

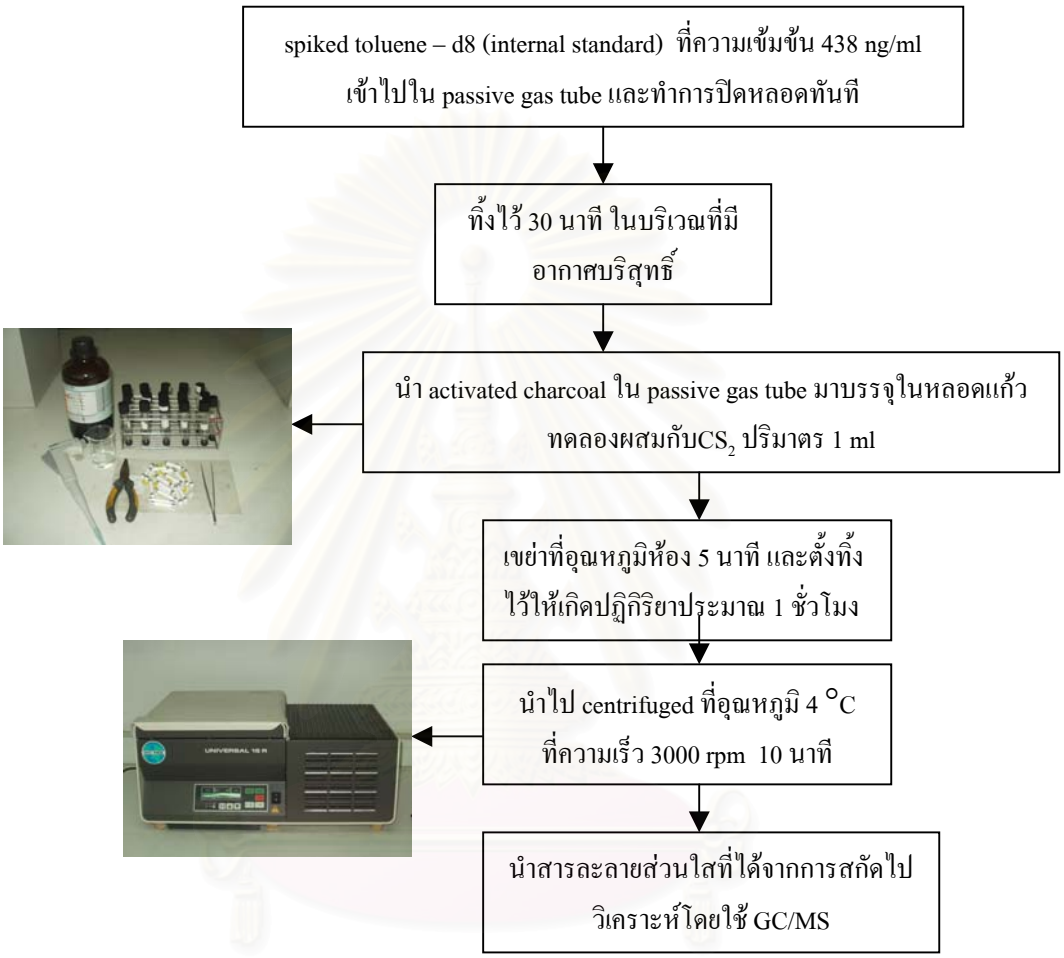
3) นำค่าที่วิเคราะห์ได้จากทั้ง 2 วิธี มาสร้างความสัมพันธ์ โดยค่าที่วิเคราะห์ตัวอย่างแบบ passive จะให้หน่วยเป็น µg จากการคำนวณด้วยสมการที่ (3.1) ซึ่งวิธีการนี้ไม่สามารถทราบปริมาตรอากาศ ดังนั้นเราจึงต้องนำวิธี active มาเป็นตัวปรับเทียบเพื่อให้ได้ค่าออกมาในหน่วย $\mu g/m^3$ จึงต้องนำทั้ง 2 วิธีมาหาความสัมพันธ์กันซึ่งแสดงความสัมพันธ์ ได้ดังสมการที่ (3.4)

ปริมาณสาร VOCs ($\mu g/m^3$) $y = ax$ (3.4)

โดยให้ค่า y = ปริมาณสาร VOCs ที่เก็บแบบ passive

x = ปริมาณสาร VOCs ที่เก็บแบบ active

a = ค่าคงที่ที่ได้จากสมการความสัมพันธ์



ภาพที่ 3.6 ขั้นตอนการสกัดสาร VOCs จากหลอดเก็บตัวอย่างแบบ passive sampling

ภาพที่ 3.7 การเก็บตัวอย่างระหว่างวิธีการเก็บแบบ passive และ active

3.3.4 การเก็บตัวอย่าง

1) ระยะเวลาการเก็บตัวอย่าง

ทำการเก็บตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์ชนิด และปริมาณสาร ในบริเวณที่พักอาศัย 18 หลัง ซึ่งประกอบไปด้วย บริเวณที่พักอาศัยที่อยู่ริมถนน (roadside) 9 หลัง และพื้นที่ทั่วไป (non-roadside) 9 หลังในเขตเมือง (urban) ของกรุงเทพมหานครโดยวิธี Passive Sampling เป็นเวลา 7 วัน ตั้งแต่วันที่ 20-27 กรกฎาคม 2548โดยแต่ละตัวอย่างใช้เวลาในการเก็บ 24 ชั่วโมง ในแต่ละวันที่เก็บตัวอย่าง แต่ละพื้นที่จะเริ่มเก็บตัวอย่างที่เวลา 9.00 น.

2) วิธีการเก็บตัวอย่าง

ณ ที่พักอาศัยแต่ละหลัง จะมีการเก็บตัวอย่างอยู่ 3 ลักษณะ ได้แก่ การเก็บตัวอย่างภายนอกอาคารที่พักอาศัย การเก็บตัวอย่างภายในอาคารที่พักอาศัย และการเก็บตัวอย่างที่ตัวบุคคล

- การเก็บตัวอย่างภายนอกอาคารที่พักอาศัย (outdoor)

โดยใช้หลอด passive gas tube เก็บตัวอย่างอากาศภายนอกอาคาร(บริเวณนอกบ้าน) โดยให้จุดเก็บตัวอย่างสูงจากพื้น 1.5 เมตร จำนวนการเก็บ บ้านละ1 หลอด ดังแสดงในภาพที่ 3.8 (ก)

- การเก็บตัวอย่างภายในอาคารที่พักอาศัย (indoor)

โดยใช้หลอด passive gas tube เก็บตัวอย่างอากาศภายในอาคาร(บริเวณห้องนั่งเล่น) โดยให้จุดเก็บตัวอย่างสูงจากพื้น 1.5 เมตร จำนวนการเก็บ บ้านละ1 หลอด ดังแสดงในภาพที่ 3.8 (ข)

- การเก็บตัวอย่างที่ตัวบุคคล (personal)

โดยใช้หลอด passive gas tube เก็บตัวอย่างอากาศที่ตัวบุคคล บริเวณเหนือหน้าอก ดังแสดงในภาพที่ 3.8 (ค)

3) การเก็บรักษาตัวอย่าง

การเก็บรักษาตัวอย่าง VOCs ทำได้โดย นำหลอดเก็บตัวอย่างเก็บในถุงอลูมิเนียมแล้วปิดให้สนิททันที หลังจากเก็บตัวอย่างครบ 24 ชม. และเก็บรักษาตัวอย่างที่อุณหภูมิ – 20 องศาเซลเซียส

4) การเก็บข้อมูลเพิ่มเติม

ขณะที่ทำการเก็บตัวอย่างได้สอบถามข้อมูลเพิ่มเติมด้วยแบบสอบถาม ซึ่งประกอบด้วย ข้อมูลทั่วไป บันทึกเวลา/กิจกรรม และลักษณะบ้าน แสดงในภาคผนวก ง

ภาพที่ 3.8 ลักษณะการเก็บตัวอย่าง ทั้ง 3 ลักษณะ บริเวณที่พักอาศัยในเขตกรุงเทพมหานคร

3.3.5 ขั้นตอนการวิเคราะห์ข้อมูล

1) หาความสัมพันธ์ ระหว่างการรับสัมผัสสารVOCs ของบุคคลทั่วไป กับปริมาณ VOCs ภายในที่พักอาศัยและภายนอกที่พักอาศัย

2) วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ เพื่อวิเคราะห์ความแตกต่างของปริมาณ VOCs ที่ตรวจวัดในแต่ละพื้นที่ โดยใช้ one way ANOVA ในโปรแกรม SPSS for window version 10

3) ทำการคำนวณเพื่อคาดคะเนปริมาณการรับสัมผัส โดยใช้ Time weight average (Busoon Son และ คณะ,2002) มาเปรียบเทียบกับค่าที่ตรวจวัดได้จริงจากการทดลอง ดังสมการที่ (3.5)

Time weight average

$$Pi = (\mathrm{Ti}Ci + \mathrm{To}Co) / (\mathrm{Ti}+\mathrm{To}) \quad (3.5)$$

Pi = ความเข้มข้นของ VOCsที่บุคคลได้รับสัมผัสของผู้เก็บตัวอย่างใน 1 วัน (µg)

Ti = จำนวนชม.ที่ใช้ภายในอาคารของผู้เก็บตัวอย่างในช่วงเวลา 1 วัน (ชม.)

To = จำนวนชม.ที่ใช้ภายนอกอาคารของผู้เก็บตัวอย่างในช่วงเวลา 1 วัน (ชม.)

Ci = ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของ VOCs ที่ตรวจวัดภายในอาคารของผู้เก็บตัวอย่าง(µg)

Co = ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของ VOCs ที่ตรวจวัดภายนอกอาคารของผู้เก็บตัวอย่าง(µg)

3.3.6 สรุปผลการศึกษา และข้อเสนอแนะ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 4
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

4.1 ผลการทดลองเบื้องต้น

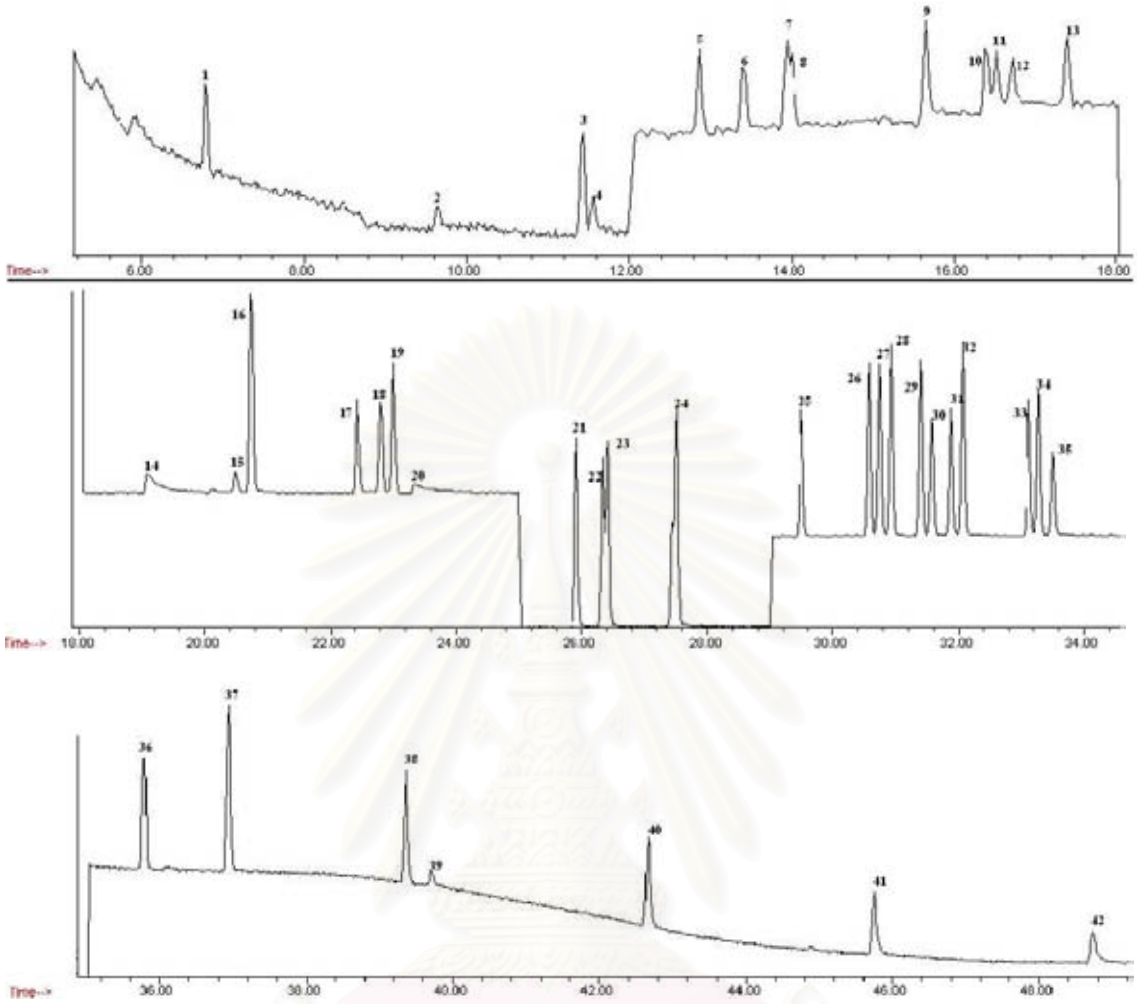
4.1.1 การหาสภาวะที่เหมาะสม

จากการหาสภาวะที่เหมาะสมโดยใช้สารละลายมาตรฐาน VOCs ชนิด Japanese 52 component indoor air และ Toluene d-8 (internal standard) ซึ่งได้วิเคราะห์โดย GC/MS คอลัมน์ชนิด DB-5MS, 60 m. x 0.32 mm., 1.0 μm film thickness ของ J&W ในเบื้องต้นใช้เทคนิค SCAN mode เพื่อหา Retention time ของสารละลายมาตรฐาน VOCs ซึ่งได้สภาวะที่เหมาะสมคืออุณหภูมิเริ่มต้นที่ 35°C และคงไว้ที่อุณหภูมินี้ 10 นาที หลังจากนั้นเพิ่มอุณหภูมิจนถึง 220 °C ที่อัตราการเพิ่ม 5 °C/นาที 5 นาที และคงไว้ที่อุณหภูมินี้ เวลารวมทั้งสิ้น 52 นาที Retention time และ m/z ที่ได้จากการวิเคราะห์ดังตาราง ที่ 4.1 เมื่อทราบค่า Retention time ของสารมาตรฐานแล้ว ในการวิเคราะห์สารตัวอย่างเพื่อหาชนิดและปริมาณของ VOCs นั้นใช้เทคนิค Selected-ion monitoring (SIM) ซึ่งได้ peak retention time ของสารแต่ละชนิด แสดงเป็นกราฟ chromatograms ดังภาพที่ 4.1

จากภาพที่ 4.1 chromatograms แสดง peak ที่ retention time ต่างๆ ทั้งหมด 42 peak ซึ่ง peak ที่ได้นั้นรวม peak ของ Toluene d-8 (internal standard) อยู่ด้วย จากการศึกษาของ Research Centre for Chemical Risk Management, National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST) เป็นการศึกษาที่คล้ายคลึงกันซึ่งใช้สภาวะการวิเคราะห์และสารละลายมาตรฐานชนิดเดียวกัน พบ peak ทั้งหมด 41 ชนิด ซึ่งชนิดที่พบส่วนใหญ่เป็นชนิดเดียวกันกับผล chromatograms ที่ได้ในภาพที่ 4.1

4.1.2 การสร้าง Calibration curve

การสร้าง Calibration curve โดยใช้สารละลายมาตรฐาน VOCs ชนิด Japanese 52 component indoor air ที่มีความเข้มข้นแตกต่างกัน 10 ความเข้มข้น คือ 50 100 250 500 1000 2000 4000 6000 8000 และ 10000 นาโนกรัม/มิลลิลิตร ซึ่งจากการวิเคราะห์สามารถพบชนิดของ VOCs เพียง 41 ชนิด เท่านั้น ดังนั้นจึงนำ peak ที่ได้มาแสดงเป็น peak ratio กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง peak ratio ของสารละลายมาตรฐานต่อ internal standard และความเข้มข้นที่ระดับต่างๆ แสดงในภาคผนวก ก ซึ่งผลความสัมพันธ์จากกราฟมาตรฐาน แสดงด้วยค่า R^2 ค่า R^2 ของแต่ละสารมาสรุปเป็นตาราง ดังตารางที่ 4.2 ซึ่งมีค่าอยู่ระหว่าง 0.9803-0.9988



1.methylene chloride 2. 2-butanone 3. chloroform 4. 2,4-dimethylpentane
5. 1,1,1-trichloroethane 6. 1,2-dichloroethane 7. benzene 8. carbontetrachloride
9. isooctane 10. n-heptane 11. trichloroethene 12. 1,2-dichloropropane
13. bromodichloromethane 14. 4-methyl-2-pentanone 15. toluened-8 16. toluene
17. n-octane 18..dibromochloromethane 19. tetrachloroethen 20. ethylbenzene
21,22. m,p -xylene 23. styrene 24. o-xylene 25. α -pinene
26.3-ethyltoluene 27. 4-ethyltoluene 28.1,3,5-trimethylbenzene 29. 2-ethyltoluene
30. β -pinene 31.decane 32.1,2,4trimethylbenzene 33..1,4dichlorobenzene
34. 1,2,3-trimethylbenzene 35. limonene 36. n-undecane 37.1,2,4,5-tetramethylbenzene
38. dodecane 39. decanal 40. tridecane 41.tetradecane
42.pentadecane

ภาพที่ 4.1 chromatograme ของสารละลายมาตรฐาน VOCs ชนิด Japanese 52 component indoor air และ Toluene d-8 (internal standard)

ตารางที่ 4.1 Retention time และ m/z ของสารละลายมาตรฐาน VOCs

ชื่อสารประกอบ	Retention time (min)	m/z	
		first ion	secondary ion
Methylene chloride	6.79	84	49
2-Butanone	9.56	43	32
Chloroform	11.44	83	85
2,4-Dimethylpentane	11.56	57	43
1,1,1-Trichloroethane	12.87	97	99
1,2-Dichloroethane	13.40	62	64
Benzene	13.94	78	77
Carbontetrachloride	13.98	119	118
Isooctane	15.66	57	56
n-Heptane	16.40	43	71
Trichloroethene	16.51	130	131
1,2-Dichloropropane	16.72	63	32
Bromodichloromethane	17.39	83	85
4-Methyl-2-pentanone	18.97	43	58
Toluene-d8	20.50	98	100
Toluene	20.77	91	92
n-Octane	22.48	43	85
Dibromochloromethane	22.83	129	128
Tetrachloroethen	23.03	166	165
Ethylbenzene	25.94	91	106
m-Xylene	26.37	91	106
p-Xylene	26.45	91	106
Styrene	27.47	104	103

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.1 (ต่อ) Retention time และ m/z ของสารละลายมาตรฐาน VOCs

ชื่อสารประกอบ	Retention time (min)	m/z	
		first ion	secondary ion
o-Xylene	27.54	91	106
Alpha-pinene	29.53	93	91
3-Ethyltoluene	30.61	105	120
4-Ethyltoluene	30.78	105	120
1,3,5-Trimethylbenzene	30.96	105	120
2-Ethyltoluene	31.43	105	120
Beta-pinene	31.61	93	69
Decane	31.92	57	43
1,2,4-Trimethylbenzene	32.10	105	120
1,4-Dichlorobenzene	33.15	146	148
1,2,3-Trimethylbenzene	33.32	105	120
Limonene	33.55	68	93
n-Undecane	35.83	57	43
1,2,4,5-Tetramethylbenzene	36.97	119	134
Dodecane	39.39	57	43
Decanal	39.71	57	41
Tridecane	42.69	57	71
Tetradecane	45.78	57	71
Pentadecane	48.76	57	71

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.2 ค่า R^2 ของ VOCs 41 ชนิด จากการสร้าง Calibration curve

ชื่อสารประกอบ	R^2	ชื่อสารประกอบ	R^2
Methylene chloride	0.9905	styrene	0.9924
2-Butanone	0.9967	o-xylene	0.998
Chloroform	0.9914	alpha-pinene	0.9959
2,4-Dimethylpentane	0.9803	3-Ethyltoluene	0.9933
1,1,1-Trichloroethane	0.9908	4-Ethyltoluene	0.9987
1,2-Dichloroethane	0.9906	1,3,5-Trimethylbenzene	0.9954
Benzene	0.9906	2-Ethyltoluene	0.9967
Carbontetrachloride	0.9900	Beta-pinene	0.9904
Isooctane	0.9892	Decane	0.9908
n-Heptane	0.9977	1,2,4-Trimethylbenzene	0.9945
Trichloroethene	0.9962	1,4-Dichlorobenzene	0.9926
1,2-Dichloropropane	0.9807	1,2,3-Trimethylbenzene	0.9917
Bromodichloromethane	0.9898	Limonene	0.9911
4-Methyl-2-pentanone	0.9871	n-Undecane	0.9913
Toluene	0.9965	1,2,4,5-Tetramethylbenzene	0.9943
n-Octane	0.9937	Dodecane	0.998
Dibromochloromethane	0.9969	Decanal	0.9871
Tetrachloroethen	0.9976	Tridecane	0.9841
Ethylbenzene	0.9871	Tetradecane	0.9933
m-Xylene	0.9974	Pentadecane	0.9919
p-Xylene	0.9969		

4.1.3 ค่า Limit of detection (LOD)

จากการหาค่า Limit of detection (LOD) ซึ่งเป็นการวิเคราะห์เพื่อหาความเข้มข้นต่ำสุดที่เครื่อง GC/MS จะสามารถวิเคราะห์สารมาตรฐาน VOCs ได้ ค่า LOD จากการคำนวณโดยใช้สมการ (3.1) ของสารที่พบทั้ง 41 ชนิด มีค่า LOD อยู่ในช่วงตั้งแต่ 0.03 ถึง 0.71 ng/m^3 ดังตารางที่ 4.3 ซึ่งสาร 1,2,4,5-tetramethylbenzene มีค่า LOD ต่ำที่สุด และ styrene มีค่า LOD สูงที่สุด

จากการศึกษาขีดความสามารถของเครื่อง GC/FID ของ Olansandan และคณะ (1999) โดยวิเคราะห์สารอินทรีย์ระเหยประเภท organohalogen 18 ชนิด พบว่าค่า LOD วิเคราะห์ได้ถึง พิโครกรัม และจากการศึกษาของ Schneider และคณะ (2001) วิเคราะห์สาร BTX ได้ค่า LOD ออกมาในหน่วยไมโครกรัม คือตั้งแต่ 0.34 ถึง 2.23 ไมโครกรัม และจากการศึกษาของ Edwards และคณะ (2001) ในประเทศฟินแลนด์ ได้ค่า LOD ของ VOCs ประเภท Alcohols Alkanals Alkanes Aromatics Ester Miscellaneous และHalogenated พบว่า ค่า LOD อยู่ในช่วงตั้งแต่ 0.69 ถึง 4.13 ไมโครกรัม ซึ่งจากการคำนวณ LOD ของสารทั้ง 41 ชนิด จากตารางที่ 4.3 นั้น พบว่า ผลจากการหาค่า LOD ที่ได้ดีกว่าการศึกษาอื่นๆที่นำมาเปรียบเทียบ ยกเว้นการศึกษาของ Olansandan และคณะ ซึ่งได้ผลที่ดีกว่า

4.1.4 การทดสอบวิธีการสกัดโดยใช้ Recovery test

จากการทดสอบวิธีการสกัดโดยใช้ Recovery test นั้นได้ทดสอบโดยใช้สารละลายมาตรฐานความเข้มข้น 1000 ng/ml ซึ่งมีการ spike เข้าไปในหลอดเก็บตัวอย่างแบบ passive แล้วนำมาสกัดนั้น พบ VOCs 34 ชนิด นำผลที่ได้จากการทดสอบมาคำนวณโดยใช้สมการ(3.3) ค่าที่คำนวณได้ออกมาเป็นเปอร์เซ็นต์ recovery ดังแสดงในตารางที่ 4.4

จากตารางที่ 4.4 พบค่า %VOCs recovery ±SD ที่ได้ของสารทั้ง 34 ชนิดมีค่าอยู่ในช่วง 68.98±0.12% (2-ethyltoluene) ถึง 101.01±0.39 % (dibromochloromethane) ซึ่งจากสารมาตรฐาน VOCs ที่มี 52 ชนิด แต่ทดสอบแล้วพบเพียง 34 ชนิด ในการทดสอบนั้นมี % recovery ของสารมากกว่า 90 % ถึง 25 ชนิด ซึ่งพบเกินครึ่งหนึ่งของชนิดสารที่พบ

จากการทดสอบวิธีการสกัดโดยใช้ recovery test โดย Olansandan และคณะ ซึ่งได้ spike สาร VOHCs เข้าไปตั้งแต่ 1.27-8.35 ไมโครกรัม พบค่า % recovery อยู่ในช่วง 90.8% (carbontetrachloride) ถึง 104.0% (dihloromethane) ซึ่งจากการทดสอบสาร 18 ชนิด นั้น% recovery ของสารมากกว่า 95 % ถึง 14 ชนิด ซึ่งพบเกินครึ่งหนึ่งของชนิดสารที่พบ

ตารางที่ 4.3 ค่า LOD ของสารละลายมาตรฐาน VOCs 41 ชนิด

ชื่อสารประกอบ	LOD (ng/m^3)	ชื่อสารประกอบ	LOD(ng/m^3)
Methylene chloride	0.08	Styrene	0.71
2-Butanone	0.36	o-Xylene	0.09
Chloroform	0.09	Alpha-pinene	0.04
2,4-Dimethylpentane	0.16	3-Ethyltoluene	0.03
1,1,1-Trichloroethane	0.08	4-Ethyltoluene	0.04
1,2-Dichloroethane	0.10	1,3,5-Trimethylbenzene	0.03
Benzene	0.13	2-Ethyltoluene	0.03
Carbontetrachloride	0.26	Beta-pinene	0.05
Isooctane	0.03	Decane	0.07
n-Heptane	0.05	1,2,4-Trimethylbenzene	0.04
Trichloroethene	0.04	1,4-Dichlorobenzene	0.20
1,2-Dichloropropane	0.14	1,2,3-Trimethylbenzene	0.06
Bromodichloromethane	0.10	Limonene	0.13
4-Methyl-2-pentanone	0.12	n-Undecane	0.05
Toluene	0.04	1,2,4,5-Tetramethylbenzene	0.03
n-Octane	0.24	Dodecane	0.07
Dibromochloromethane	0.30	Decanal	0.30
Tetrachloroethen	0.12	Tridecane	0.05
Ethylbenzene	0.03	Tetradecane	0.06
m-Xylene	0.20	Pentadecane	0.06
p-Xylene	0.16		

ตารางที่ 4.4 ผลการทดสอบเปอร์เซนต์ Recovery ของ volatile organic compounds

สารประกอบ	VOC (spiked)	VOC (recovered)	max	min	VOC (blank)	%VOC recovery ± SD
	(A) µg	(B) µg			(C) µg	(B-C)/A x 100
1. Methylene chloride	1	0.9811	0.9818	0.9805	_	98.11 ± 0.04
2.Chloroform	1	0.9444	0.9451	0.9436	_	94.44 ± 0.06
3. 1,1,1-Trichloroethane	1	0.9626	0.9641	0.9614	_	96.26 ± 0.08
4. 1,2-Dichloroethane	1	0.9544	0.9553	0.9534	_	95.44 ± 0.07
5. Benzene	1	0.9541	0.9556	0.9531	_	95.41 ± 0.08
6. Carbontetrachloride	1	0.8765	0.8779	0.8749	_	87.65 ± 0.09
7.Isooctane	1	0.904	0.9054	0.903	_	90.40 ± 0.09
8. n-Heptane	1	0.9455	0.9465	0.9443	_	94.55 ± 0.07
9.Trichloroethene	1	0.9655	0.9671	0.9638	_	96.55 ± 0.12
10. 4-Methyl-2-pentanone	1	0.7355	0.7367	0.7346	_	73.55 ± 0.08
11.Toluene-d8	0.4380	0.397	0.3982	0.3956	_	90.63 ± 0.09
12.Toluene	1	0.9411	0.9429	0.9389	_	94.11 ± 0.13
13. n-Octane	1	0.8915	0.8926	0.8902	_	89.15 ± 0.08
14.Dibromochloromethane	1	1.0101	1.0126	0.9994	_	101.01 ± 0.39
15.Tetrachloroethen	1	0.9624	0.9632	0.9615	_	96.24 ± 0.06
16. Ethylbenzene	1	0.9422	0.9436	0.9409	_	94.22 ± 0.09
17. m-Xylene	1	0.9811	0.9826	0.9801	_	98.11 ± 0.10
18. p-Xylene	1	0.9726	0.9739	0.9716	_	97.26 ± 0.07
19.Styrene	1	0.9434	0.9442	0.9426	_	94.34 ± 0.06
20. o-Xylene	1	0.9247	0.9258	0.9231	_	92.47 ± 0.09
21. Alpha-pinene	1	0.8654	0.8669	0.8635	_	86.54 ± 0.12
22. 3-Ethyltoluene	1	0.9156	0.9167	0.9142	_	91.56 ± 0.09
23. 4-Ethyltoluene	1	0.9624	0.9639	0.9611	_	96.24 ± 0.09
24. 1,3,5-Trimethylbenzene	1	0.9326	0.9341	0.9312	_	93.26A0.10
25. 2-Ethyltoluene	1	0.6898	0.6916	0.6881	_	68.98 ± 0.12
26. Beta-pinene	1	0.9424	0.9438	0.9409	_	94.24 ± 0.11
27. Decane	1	0.9515	0.9531	0.9501	_	95.15 ± 0.10
28. 1,2,4-Trimethylbenzene	1	0.902	0.9031	0.9009	_	90.20 ± 0.08

ตารางที่ 4.4 (ต่อ) ผลการทดสอบเปอร์เซนต์ Recovery ของ volatile organic compounds

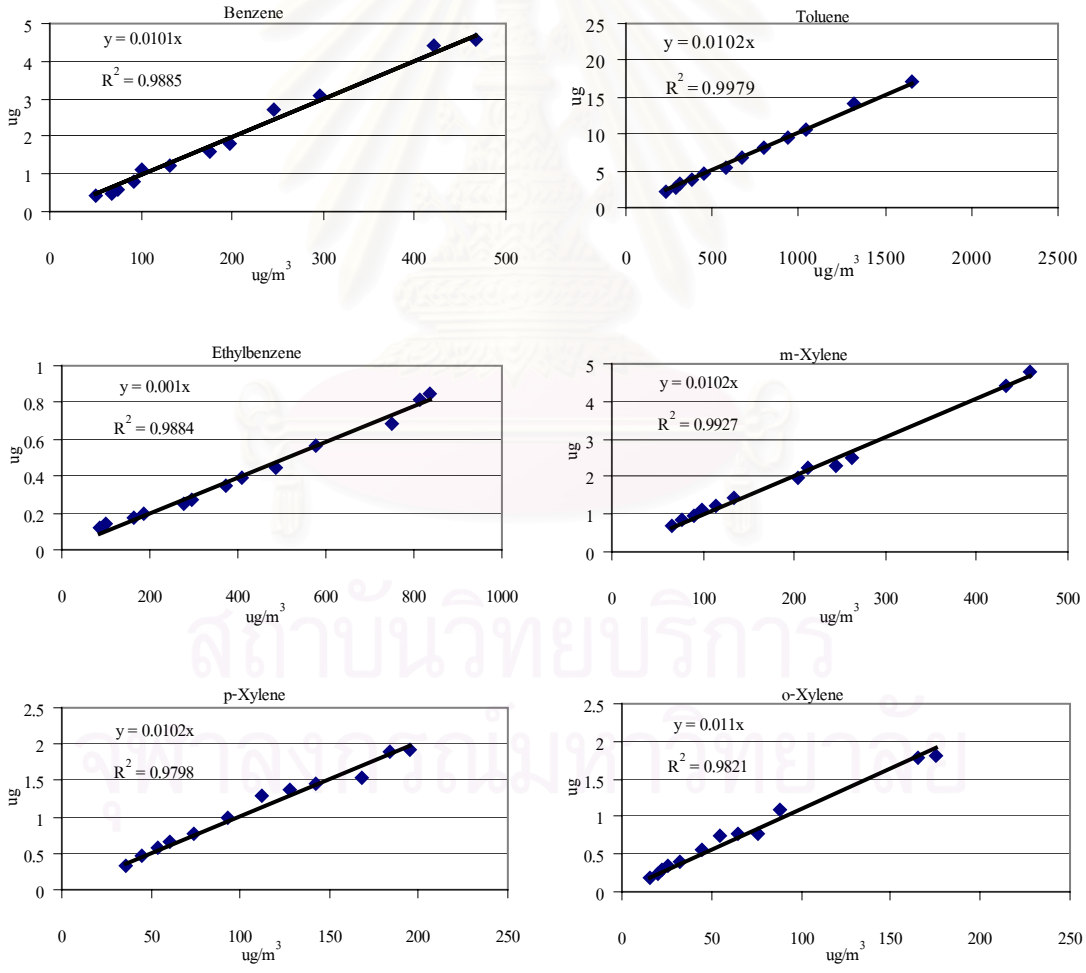
สารประกอบ	VOC (spiked)	VOC (recovered)	max	min	VOC (blank)	%VOC recovery ± SD
	(A) µg	(B) µg			(C) µg	(B-C)/A x 100
29. 1,4-Dichlorobenzene	1	0.9626	0.9632	0.9616	_	96.26 ± 0.06
30. 1,2,3-Trimethylbenzene	1	0.8595	0.8612	0.8581	_	85.95 ± 0.10
31. Limonene	1	0.8484	0.8496	0.8471	_	84.84 ± 0.08
32. n-Undecane	1	0.8999	0.9016	0.8986	_	89.99 ± 0.11
33.1,2,4,5-Tetramethylbenzene	1	0.7554	0.7568	0.7542	_	75.54 ± 0.08
34. Dodecane	1	0.9387	0.9406	0.9371	_	93.87 ± 0.11

4.1.5 การหาความสัมพันธ์ระหว่างวิธีการเก็บแบบ Passive sampling และ Active Sampling

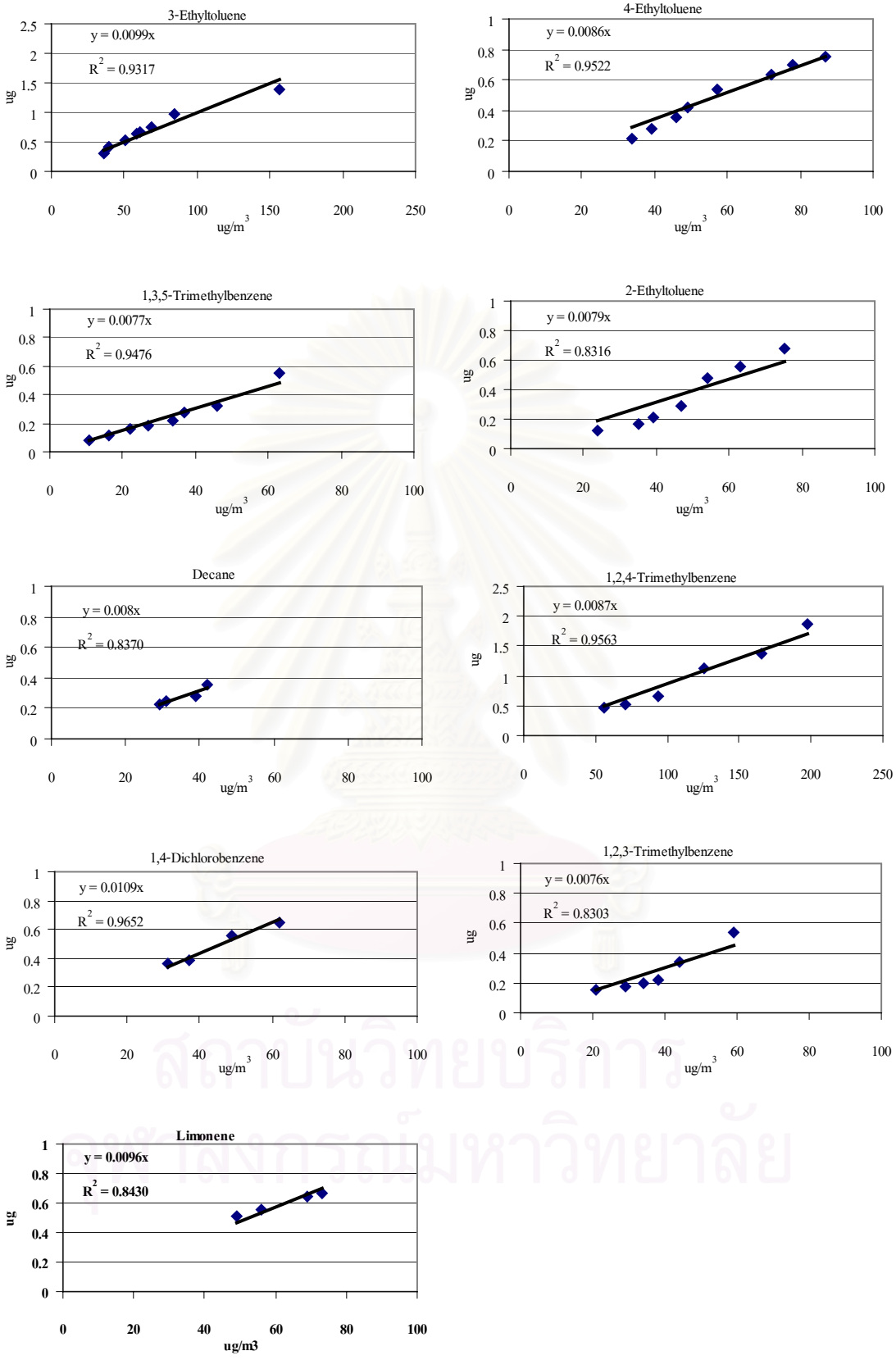
ผลจากการหาความสัมพันธ์ระหว่างวิธีการเก็บแบบ Passive sampling และ Active Sampling โดยการนำชุดเก็บตัวอย่างทั้ง Passive และ Active Sampling มาเปรียบเทียบกัน การเก็บแบบ Active sampling จะประกอบด้วย charcoal glass tube ต่อกับ Personal air pump และ แบบ Passive จะใช้ Passive gas tube การหาความสัมพันธ์โดยนำชุดอุปกรณ์ทั้งสอง ไปวางในบริเวณที่มีสภาวะ และเวลาเดียวกัน โดยทำการตรวจวัด 12 จุด ในเขตกรุงเทพมหานคร ซึ่งรายละเอียดจุดเก็บและผลที่ได้ดังตารางที่ ก-2 ในภาคผนวก ก จากการการเก็บตัวอย่างในเขตกรุงเทพมหานครเพื่อหาความสัมพันธ์นั้น พบ VOCs 15 ชนิด ผลจากหาความสัมพันธ์ของทั้ง 2 วิธีในการเก็บตัวอย่างนั้นเป็นความสัมพันธ์ที่ออกมาในรูปของสมการเส้นตรง $y = ax$ ซึ่งค่า y คือ ค่าที่วิเคราะห์ได้จากการเก็บโดยวิธี Passive sampling (µg) และ x คือ ค่าที่วิเคราะห์ได้จากการเก็บโดยวิธี Active Sampling ($\mu g/m^3$) ซึ่งได้สรุปสมการ และค่า R^2 ที่ได้จากการหาความสัมพันธ์ ดังตารางที่ 4.5 และกราฟความสัมพันธ์ระหว่างวิธีการเก็บทั้งสองแสดงดังภาพที่ 4.2 ความสัมพันธ์ที่ได้นี้จะนำมาใช้ในการคำนวณปริมาณ VOCs ที่ได้จากการเก็บตัวอย่างจริง ที่แสดงในหน่วย $\mu g/m^3$ การหาความสัมพันธ์ระหว่างวิธีการเก็บแบบ Passive sampling และ Active Sampling ในลักษณะที่คล้ายคลึงกันนั้นพบว่า จากการศึกษาโดย Chitvarakorn (2004) ได้ความสัมพันธ์ ที่ออกมาในรูปของสมการเส้นตรง $y = ax$ เช่นกัน และค่า R^2 ที่ได้จากการหาความสัมพันธ์นั้นอยู่ในช่วง 0.8297-0.9516

ตารางที่ 4.5 สมการความสัมพันธ์ระหว่างวิธีการเก็บแบบ passive sampling และ active sampling

สารประกอบ	สมการ	R^2	สารประกอบ	สมการ	R^2
benzene	y = 0.0101x	0.9885	1,3,5-trimethylbenzene	y = 0.0077x	0.9476
toluene	y = 0.0102x	0.9979	2-ethyltoluene	y = 0.0079x	0.8316
ethylbenzene	y = 0.001x	0.9884	decane	y = 0.008x	0.8370
m-xylene	y = 0.0102x	0.9927	1,2,4-trimethylbenzene	y = 0.0087x	0.9563
p-xylene	y = 0.0102x	0.9798	1,4dichlorobenzene	y = 0.0109x	0.9652
o-xylene	y = 0.011x	0.9821	1,2,3-trimethylbenzene	y = 0.0076x	0.8303
3-ethyltoluene	y = 0.0099x	0.9317	limonene	y = 0.0096x	0.8430
4-ethyltoluene	y = 0.0086x	0.9522			



ภาพที่ 4.2 ความสัมพันธ์ระหว่างวิธีการเก็บแบบ passive sampling และ active sampling



ภาพที่ 4.2 (ต่อ) ความสัมพันธ์ระหว่างวิธีการเก็บแบบ passive sampling และ active sampling

4.2 ชนิดและปริมาณของ VOCs ในเขตกรุงเทพมหานคร

จากการเก็บตัวอย่างการรับสัมผัสสาร VOCs ของบุคคลทั่วไปที่อาศัยในที่พักอาศัย ในเขตกรุงเทพมหานคร 18 หลัง ซึ่งประกอบไปด้วย บริเวณที่พักอาศัยที่อยู่ริมถนน (roadside) 9 หลัง และพื้นที่ทั่วไป (non-roadside) 9 หลังโดยวิธี Passive Sampling เป็นเวลา 7 วัน ตั้งแต่วันที่ 20-27 กรกฎาคม 2548โดยแต่ละตัวอย่างใช้เวลาในการเก็บ 24 ชั่วโมง ในแต่ละวันที่เก็บตัวอย่าง แต่ละพื้นที่จะเริ่มเก็บตัวอย่างที่เวลา 9.00 น. โดยการเก็บตัวอย่างมีอยู่ 3 ลักษณะ ได้แก่ การเก็บตัวอย่างภายนอกอาคารที่พักอาศัย การเก็บตัวอย่างภายในอาคารที่พักอาศัย และการเก็บตัวอย่างที่ตัวบุคคล ได้ผลดังนี้

4.2.1 ชนิดของ VOCs ในเขตกรุงเทพมหานคร

จากการเก็บตัวอย่างการรับสัมผัสสาร VOCs ของบุคคลทั่วไปที่อาศัยในที่พักอาศัย 18 หลัง ซึ่งประกอบไปด้วย บริเวณที่พักอาศัยที่อยู่ริมถนน (roadside) 9 หลัง และพื้นที่ทั่วไป (non-roadside) 9 หลังในเขตเมือง (urban) ของกรุงเทพมหานคร พบ VOCs ทั้งหมด 16 ชนิด โดยชนิดของ VOCs ที่พบในทุกพื้นที่ทำการศึกษา มี 8 ชนิดหลัก ได้แก่ Benzene Toluene Ethylbenzene m-Xylene p-Xylene o-Xylene 3-Ethyltoluene และ 4-Ethyltoluene เป็นหลัก ดังตารางที่ 4.6

จากตารางที่ 4.6 จะพบชนิดของ VOCs ในบริเวณที่พักอาศัยที่อยู่ริมถนน (roadside) มากกว่าบริเวณพื้นที่ทั่วไป (non-roadside) และชนิด VOCs ที่พบส่วนใหญ่นั้นมาจากแหล่งกำเนิดรถยนต์ ยกเว้นสาร 1,4-dichlorobenzene ที่มาจากผลิตภัณฑ์ที่ใช้ในบ้าน เช่น ลูกเหม็น และสาร limonene ซึ่งมาจากธรรมชาติ เช่น ต้นไม้ โดยพบว่าจะพบสารชนิดนี้ในพื้นที่ทั่วไป (non-roadside) ของทุกพื้นที่ทำการศึกษา อันเนื่องมาจากลักษณะบ้านในพื้นที่ทั่วไป (non-roadside) เป็นบ้านเดี่ยว หรือ ทาวเฮาส์ ส่วนในที่พักอาศัยที่อยู่ริมถนน (roadside) นั้นเป็นอาคารพานิชย์จึงมีพื้นที่ในการปลูกต้นไม้น้อยกว่าบ้านที่อยู่ในพื้นที่ทั่วไป (non-roadside) จึงไม่พบ สาร limonene ในบางพื้นที่ของพักอาศัยที่อยู่ริมถนน (roadside) และจากตารางนั้นพบสาร Chloroform จากตัวอย่างของบุคคลที่ได้รับสัมผัสในพื้นที่ศึกษาสุขุมวิท (non-roadside) ซึ่งพิจารณาจากแบบสอบถามทำให้ทราบว่ามาจากกิจกรรมที่ทำในการประกอบอาชีพโดยมีการใช้สีในการทำงานซึ่งในสีอาจมีสาร Chloroform ปะปนอยู่ก็ได้

จากการศึกษา VOCs ในเขตกรุงเทพมหานคร ของ Ivan และ Christopher (1997) พบชนิดของ VOCs 5 ชนิดคือ Benzene Toluene Ethylbenzene m-Xylene p-Xylene และ o-Xylene และจากการศึกษาโดย วรรณา และคณะ (2003) ที่ศึกษา VOCs ในกรุงเทพมหานคร โดยมีจุดเก็บตัวอย่าง 4 จุด คือ รัชโยธิน อนุเสาวรีย์ชัยสมรภูมิ สีลม และเยาวราช พบชนิดของ VOCs มากกว่าของ Ivan และ Christopher เพิ่มเติมคือ 1,3,5-Trimethylbenzene และ 1,2,4-Trimethylbenzene ซึ่งชนิดสารที่พบใกล้เคียงกับการศึกษาในครั้งนี้ ส่วนการศึกษาของต่างประเทศนั้นชนิดสาร VOCs ที่พบส่วนใหญ่จะเป็นสารจำพวก BTEX คือ Benzene Toluene Ethylbenzene m-Xylene p-Xylene และ o-Xylene ซึ่งสาร BTEX นั้นจะพบในทุกพื้นที่ทำการศึกษาในครั้งนี้

ตารางที่ 4.6 ชนิดสารประกอบ VOCs ที่พบในบริเวณที่พักอาศัยและที่บุคคลได้รับ ในเขตกรุงเทพมหานคร

พื้นที่ศึกษา	ลักษณะตัวอย่าง	Benzene	Toluene	Ethylbenzene	m-Xylene	p-Xylene	o-Xylene	3-Ethyltoluene	4-Ethyltoluene	1,3,5-TMB	Decane	1,2,4-TMB	1,4-Dichlorobenzene	1,2,3-TMB	Limonene	2-Ethyltoluene	Chloroform
SK/RD	outdoor	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	-	-
	indoor	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	-	-	-
	personal	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	-	-	-
SK/NR	outdoor	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	-	-
	indoor	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	-	-
	personal	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	-	D
PR/RD	outdoor	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	-	-
	indoor	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	-	-
	personal	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	-	-
PR/NR	outdoor	D	D	D	D	D	D	D	D	-	-	D	-	-	D	-	-
	indoor	D	D	D	D	D	D	D	-	-	-	D	-	-	D	-	-
	personal	D	D	D	D	D	D	D	-	-	-	D	-	-	D	-	-
PT/RD	outdoor	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	-	-
	indoor	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	-	-
	personal	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	-	-
PT/NR	outdoor	D	D	D	D	D	D	D	-	-	-	D	-	-	D	-	-
	indoor	D	D	D	D	D	D	-	-	-	-	D	-	-	D	-	-
	personal	D	D	D	D	D	D	-	-	-	-	D	-	-	D	-	-
PY/RD	outdoor	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	-	D	-	-	D	-
	indoor	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	-	D	-	-	D	-
	personal	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	-	D	-	-	D	-
PY/NR	outdoor	D	D	D	D	D	D	D	D	-	D	-	D	-	-	D	-
	indoor	D	D	D	D	D	D	D	D	-	D	-	D	-	-	D	-
	personal	D	D	D	D	D	D	D	D	-	D	-	D	-	-	D	-
LP/RD	outdoor	D	D	D	D	D	D	D	D	-	-	D	D	D	-	-	-
	indoor	D	D	D	D	D	D	D	D	-	-	D	D	D	-	-	-
	personal	D	D	D	D	D	D	D	D	-	-	D	D	D	-	-	-
LP/NR	outdoor	D	D	D	D	D	D	D	-	-	-	D	-	-	D	-	-
	indoor	D	D	D	D	D	-	-	-	-	-	D	-	-	D	-	-
	personal	D	D	D	D	D	-	-	-	-	-	D	-	-	D	-	-

หมายเหตุ : D คือ พบชนิดสาร, - คือ ไม่พบชนิดสาร, TMB คือ Trimethylbenzene

ตารางที่ 4.6 (ต่อ) ชนิดสารประกอบ VOCs ที่พบในบริเวณที่พักอาศัยและที่บุคคลได้รับ ในเขตกรุงเทพมหานคร

พื้นที่ศึกษา	ลักษณะตัวอย่าง	Benzene	Toluene	Ethylbenzene	m-Xylene	p-Xylene	o-Xylene	3-Ethyltoluene	4-Ethyltoluene	1,3,5-TMB	Decane	1,2,4-TMB	1,4-Dichlorobenzene	1,2,3-TMB	Limonene	2-Ethyltoluene	Chloroform
JW/RD	outdoor	D	D	D	D	D	D	D	D	-	-	D	-	D	D	-	-
	indoor	D	D	D	D	D	D	D	D	-	-	D	-	D	D	-	-
	personal	D	D	D	D	D	D	D	D	-	-	D	-	D	D	-	-
JW/NR	outdoor	D	D	D	D	D	D	-	-	-	-	-	-	-	D	-	-
	indoor	D	D	D	D	D	D	-	-	-	-		-	-	D	-	-
	personal	D	D	D	D	D	D	-	-	-	-	-	-	-	D	-	-
PK/RD	outdoor	D	D	D	D	D	D	D	D	-	-	D	D	D	-	-	-
	indoor	D	D	D	D	D	D	D	D	-	-	D	D	D	-	-	-
	personal	D	D	D	D	D	D	D	D	-	-	D	D	D	-	-	-
PK/NR	outdoor	D	D	D	D	D	D	D	-	-	-	-	-	-	D	-	-
	indoor	D	D	D	D	D	D	-	-	-	-	-	-	-	D	-	-
	personal	D	D	D	D	D	D	-	-	-	-	-	-	-	D	-	-
SR/RD	outdoor	D	D	D	D	D	D	D	D	D	-	D	D	D	D	-	-
	indoor	D	D	D	D	D	D	D	D	D	-	D	D	D	D	-	-
	personal	D	D	D	D	D	D	D	D	D	-	D	D	D	D	-	-
SR/NR	outdoor	D	D	D	D	D	D	D	D	-	-	D	-	-	D	-	-
	indoor	D	D	D	D	D	D	D	D	-	-	D	-	-	D	-	-
	personal	D	D	D	D	D	D	D	D	-	-	D	-	-	D	-	-
RT/RD	outdoor	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	-	-	-
	indoor	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	-	-	-
	personal	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	-	-	-
RT/NR	outdoor	D	D	D	D	D	D	D	D	-	-	D	-	-	D	-	-
	indoor	D	D	D	D	D	D	D	-	-	-	D	-	-	D	-	-
	personal	D	D	D	D	D	D	D	-	-	-	D	-	-	D	-	-

หมายเหตุ : D คือ พบชนิดสาร, - คือ ไม่พบชนิดสาร, TMB คือ Trimethylbenzene

4.2.2 ผลการวิเคราะห์ปริมาณของ VOCs ที่ตรวจพบในเขตกรุงเทพมหานคร

จากการเก็บตัวอย่างสาร VOCs ทั้งสามลักษณะที่จุดเก็บตัวอย่างต่างๆของในเขตกรุงเทพมหานคร พบปริมาณ VOCs โดยแบ่งเป็นแต่ละพื้นที่ ดังนี้

1) พื้นที่ศึกษา เขตพระโขนง

บริเวณที่พักอาศัยที่อยู่ริมถนน (roadside) และพื้นที่ทั่วไป (non-roadside) ของเขตพระโขนงที่ถนนสุขุมวิท ปริมาณสารแต่ละชนิดในเขตนี้มีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงในช่วงหนึ่งสัปดาห์ ดังภาพที่ 4.3 และปริมาณสารที่พบในแต่ละวันแสดงในตาราง ข-1.1 ถึง ข-1.6 ในภาคผนวก ข และสรุปแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงได้ดังนี้

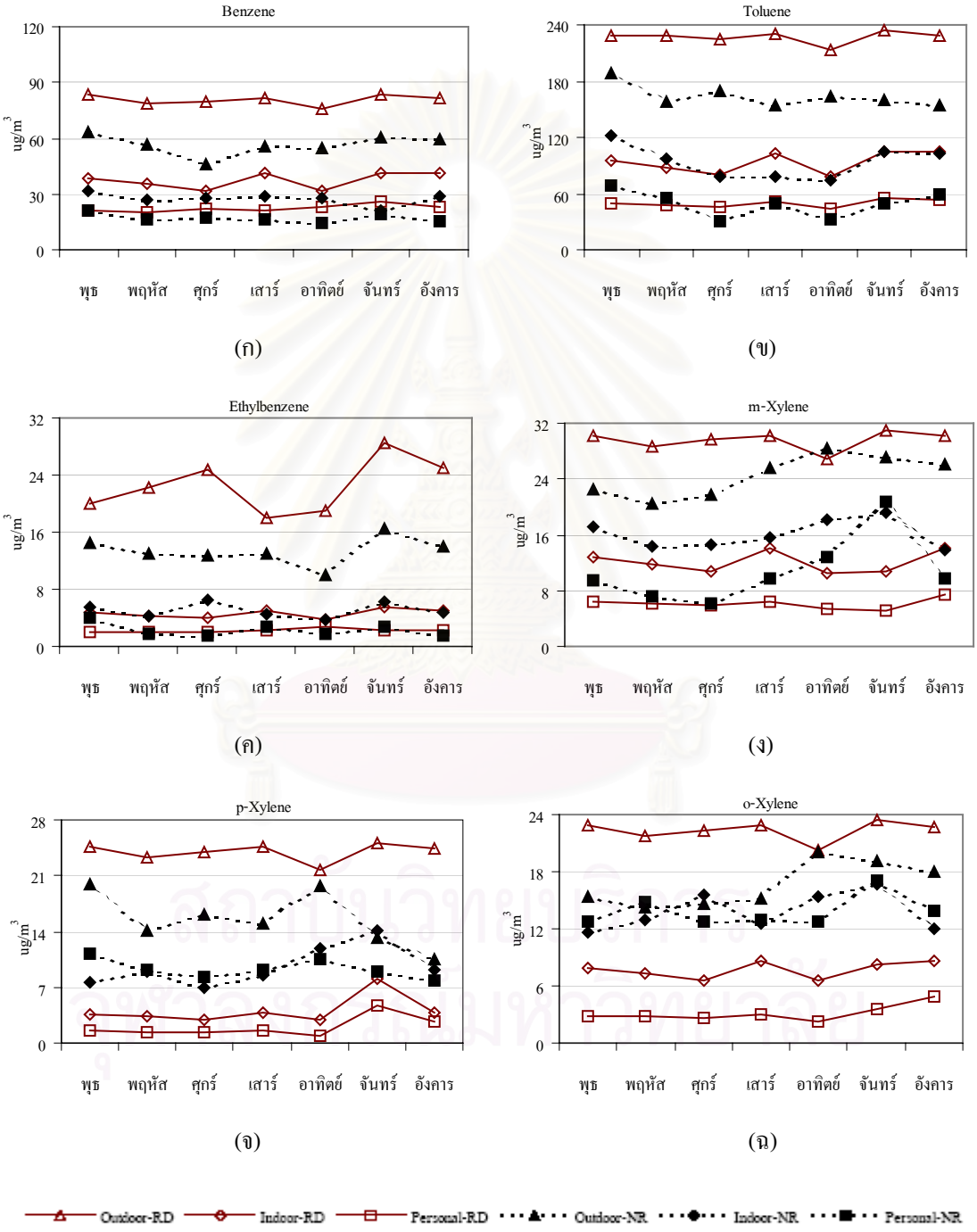
1.1) บริเวณที่พักอาศัยที่อยู่ริมถนน (roadside) สารแต่ละชนิดมีแนวโน้มการเพิ่มขึ้น-ลดลงคล้ายกันคือ พบ outdoor > indoor > personal ยกเว้นสาร 1,4-dichlorobenzene ที่พบว่า indoor > personal > outdoor เนื่องจากสารชนิดนี้เป็นสารที่ใช้ในผลิตภัณฑ์ที่ใช้ในบ้าน อาทิเช่น ลูกเหม็นดับกลิ่น ซึ่งจากแนวโน้มของสารแต่ละชนิดที่ได้ในลักษณะเดียวกันนั้นทำให้เราทราบว่าปริมาณสารที่พบแต่ละชนิดนั้นมาจากแหล่งกำเนิดที่เป็นรถยนต์เป็นหลัก แต่ในบริเวณนี้ไม่สามารถตรวจพบ Limonene เนื่องจากมีค่าต่ำกว่า LOD ที่ระดับ 0.13 ng/m^3

1.2) พื้นที่ทั่วไป (non-roadside) สารแต่ละชนิดมีแนวโน้มการเพิ่มขึ้น-ลดลง คล้ายกับบริเวณที่พักอาศัยที่อยู่ริมถนน (roadside)

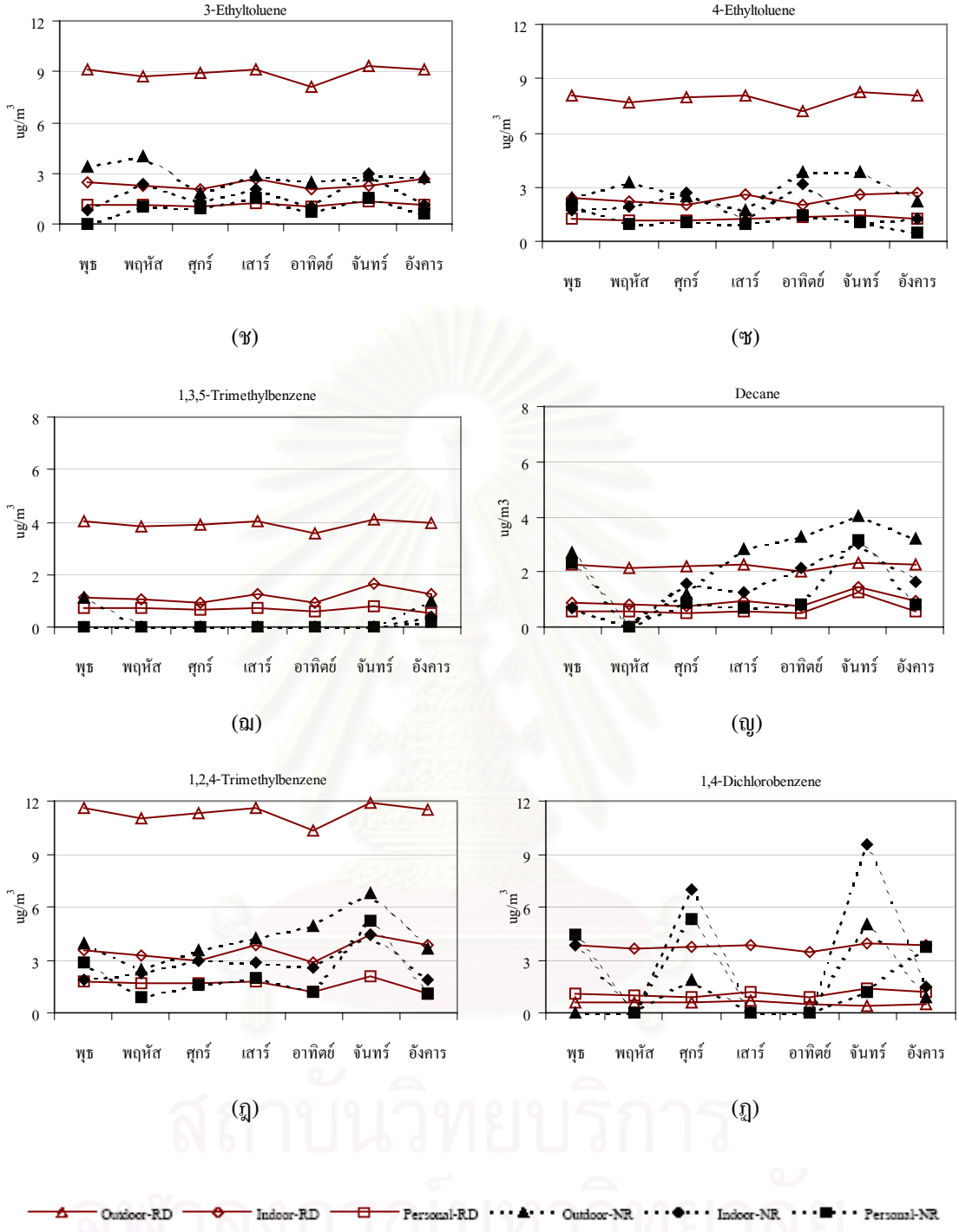
จากการเปรียบเทียบของทั้ง 2 บริเวณ ในเขตพื้นที่การศึกษานี้ มีการเปลี่ยนแปลงที่คล้ายกันคือ outdoor-RD > outdoor-NR indoor-RD < indoor-NR และ personal-RD < personal-NR ที่ได้แนวโน้มปริมาณสารที่พบแต่ละชนิดเป็นเช่นนี้ เนื่องมาจากลักษณะบ้านที่อยู่บริเวณริมถนนนั้น (จากการตอบแบบสอบถามและการสังเกตจุดเก็บตัวอย่าง) พบว่า มีลักษณะบ้านเป็นแบบปิด คือ มีการกั้นห้องกระจก และมีการใช้เครื่องปรับอากาศจึงทำให้แนวโน้ม indoor-RD และ personal-RD มีปริมาณต่ำ ส่วนในพื้นที่ทั่วไปที่พบในสาร VOCs ภายในอาคารมีแนวโน้มสูง อันเนื่องมาจากกิจกรรมในการประกอบอาชีพที่ใช้สีทุกวัน(จากการตอบแบบสอบถาม) จึงทำให้พบสารในปริมาณที่สูงกว่าบริเวณพื้นที่ริมถนน และทั้งสองบริเวณจะพบ 3-Ethyltoluene 4-Ethyltoluene 1,3,5-Trimethylbenzene Decane และ1,2,4-Trimethylbenzene ที่ปริมาณใกล้เคียงกันในทุกๆจุดที่เก็บตัวอย่าง ยกเว้นใน outdoor-RD ที่มีปริมาณสูงกว่าจุดอื่นๆ

สาร VOCs เหล่านี้ไม่ว่า บริเวณริมถนน หรือพื้นที่ทั่วไป จะมีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงไปในทิศทางเดียวกันทุกสาร นอกจากนี้ยังพบว่า ปริมาณ 1,4-Dichlorobenzene ที่พบบริเวณพื้นที่ทั่วไปมากกว่า บริเวณพื้นที่ริมถนนนั้นมาจากกิจกรรมในการประกอบอาชีพและการดำเนินชีวิตที่สัมผัสกับตัวทำละลาย หรือก้อนดับกลิ่นบางชนิด ซึ่งแนวโน้มปริมาณที่ได้ใน บริเวณพื้นที่ทั่วไป จะสูงมากเป็นบางวัน ซึ่งมาจาก (การบันทึกใน Time activity/Diary) พบว่ามีเพียงบางวันที่ทำกิจกรรมที่ใช้สีจำนวนมาก แต่ในบริเวณพื้นที่ริมถนนปริมาณที่ได้จะมีปริมาณที่ใกล้เคียงกันทั้ง 3 ลักษณะที่เก็บตัวอย่าง และ

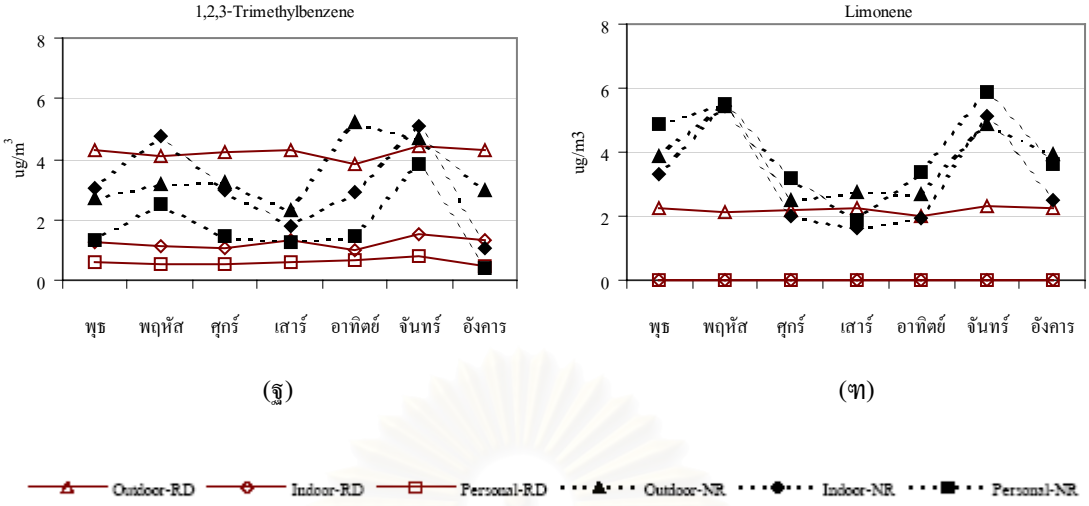
พบ Limonene ใน บริเวณพื้นที่ริมถนน เฉพาะจุด outdoor เนื่องมาจากเหตุผลของลักษณะบ้านดังที่กล่าวข้างต้น และโดยทั่วไปจะพบปริมาณของสารชนิดนี้ที่บริเวณพื้นที่ทั่วไปมากกว่าบริเวณพื้นที่ริมถนน จากการที่ในบริเวณพื้นที่ทั่วไป มีปริมาณสารมากกว่า เพราะบริเวณบ้านนั้นมีการปลูกต้นไม้เป็นจำนวนมาก



ภาพที่ 4.3 ปริมาณความเข้มข้นของสาร VOCs แต่ละชนิดพื้นที่ศึกษาถนนสุขุมวิท



ภาพที่ 4.3 (ต่อ) ปริมาณความเข้มข้นของสาร VOCs แต่ละชนิดพื้นที่ศึกษาถนนสุขุมวิท



ภาพที่ 4.3 (ต่อ) ปริมาณความเข้มข้นของสาร VOCs แต่ละชนิดพื้นที่ศึกษาถนนสุขุมวิท

2) พื้นที่ศึกษา เขตยานนาวา

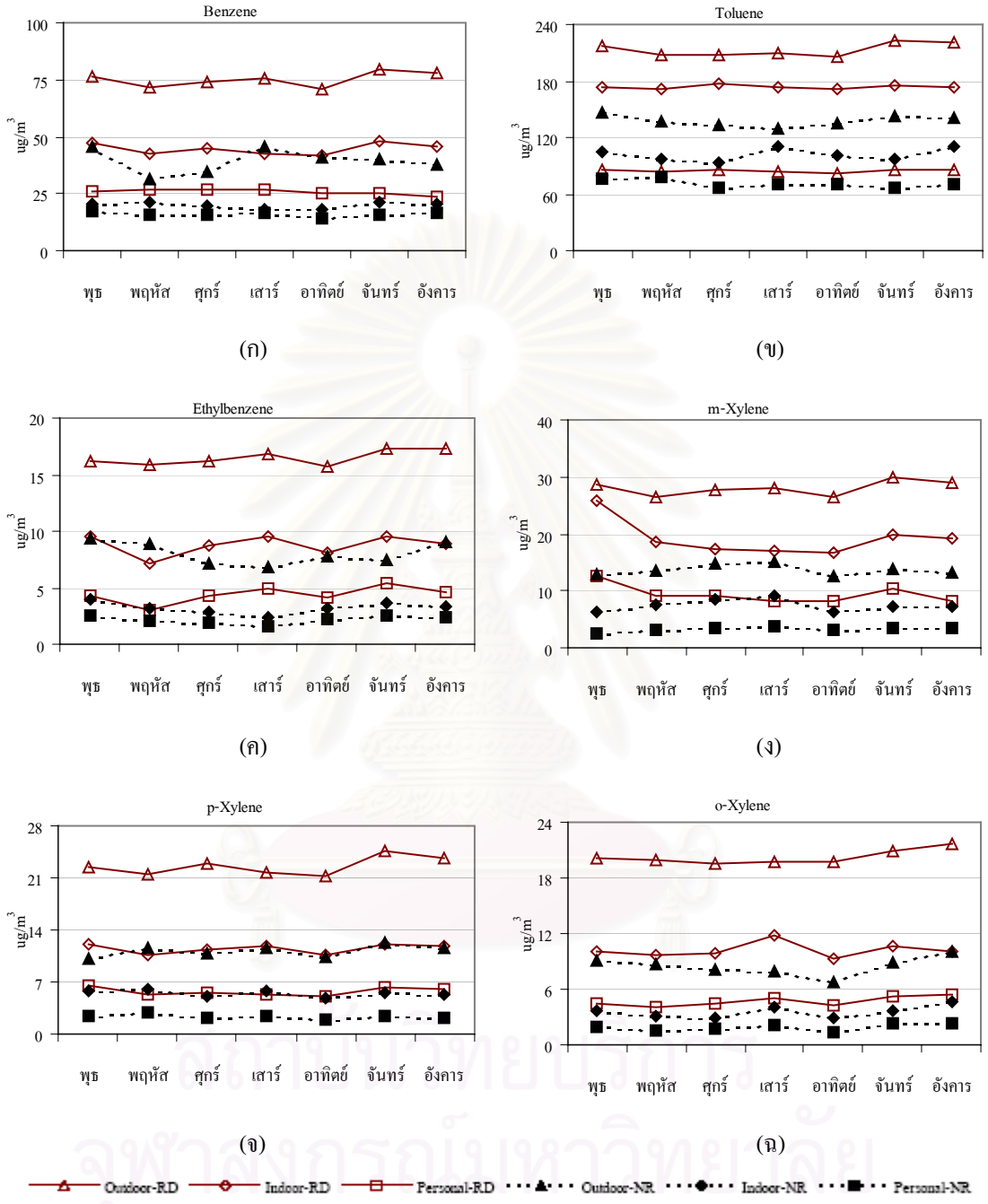
บริเวณที่พักอาศัยที่อยู่ริมถนน (roadside) และพื้นที่ทั่วไป (non-roadside) ของเขตยานนาวาที่ถนนพระราม 3 ปริมาณสารแต่ละชนิดในเขตนี้มีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงในช่วงหนึ่งสัปดาห์ ดังภาพที่ 4.4 และปริมาณสารที่พบในแต่ละวันแสดงในตาราง ข-2.1 ถึง ข-2.6 ในภาคผนวก ข และสรุปแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงได้ดังนี้

2.1) บริเวณที่พักอาศัยที่อยู่ริมถนน (roadside) สารแต่ละชนิดมีแนวโน้มการเพิ่มขึ้น-ลดลงคล้ายกันคือ พบ outdoor > indoor > personal ยกเว้นสาร 1,4-dichlorobenzene ที่เป็นสารมาจากผลิตภัณฑ์ที่ใช้ในบ้านซึ่งพบว่า indoor > personal > outdoor ซึ่งจากแนวโน้มของสารแต่ละชนิดที่ได้ในลักษณะเดียวกันนั้นทำให้เราทราบว่า ปริมาณสารที่พบแต่ละชนิดนั้นมาจากรถยนต์เป็นหลัก เช่นเดียวกับแนวโน้มที่พบในสุขุมวิท

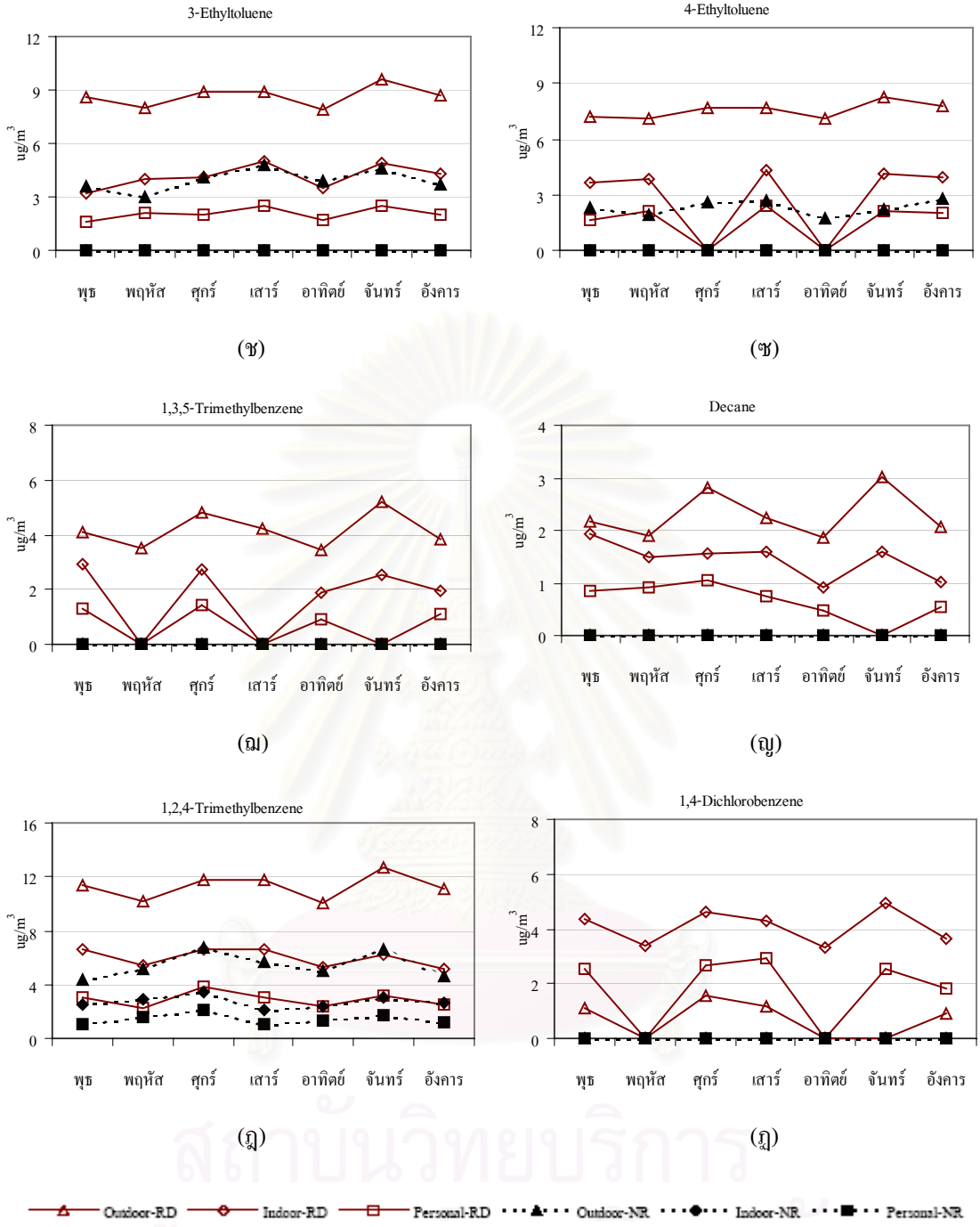
2.2) พื้นที่ทั่วไป (non-roadside) สารแต่ละชนิดมีแนวโน้มการเพิ่มขึ้น-ลดลง คล้ายกับบริเวณที่พักอาศัยที่อยู่ริมถนน (roadside) แต่ในบริเวณนี้ไม่สามารถตรวจพบ 3-Ethyltoluene 4-Ethyltoluene 1,3,5-trimethylbenzene Decane 1,4-Dichlorobenzene และ 1,2,3-Trimethylbenzene เนื่องจากมีค่าต่ำกว่า LOD ที่ระดับ 0.03, 0.04, 0.03, 0.07, 0.22 และ0.06 ng/m^3 ตามลำดับ

จากการเปรียบเทียบของทั้ง 2 บริเวณ นั้นมีการเปลี่ยนแปลงที่คล้ายกันคือ outdoor-RD > outdoor-NR, indoor-RD > indoor-NR และ personal-RD > personal-NR ที่ได้แนวโน้มปริมาณสารที่พบแต่ละชนิดเป็นเช่นนี้ เนื่องมาจากสารที่พบมีแหล่งกำเนิดหลักมาจากรถยนต์ จึงทำให้ปริมาณในที่อยู่บริเวณริมถนนสูงกว่าบริเวณพื้นที่ทั่วไป ยกเว้นสาร limonene ที่พบว่าในทุกๆจุดที่เก็บตัวอย่างทั้ง

roadside และ non-roadside มีค่าใกล้เคียงกัน เพราะจากจุดเก็บตัวอย่างทั้งสองบริเวณมีต้นไม้ปลูกอยู่หน้าบ้านและรอบๆบ้านเหมือนกัน

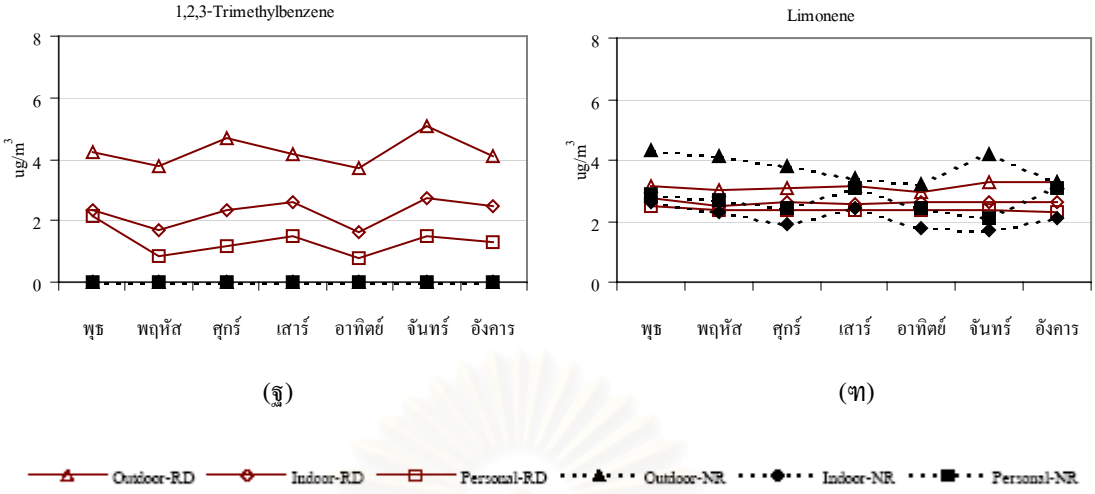


ภาพที่ 4.4 ปริมาณความเข้มข้นของสาร VOCs แต่ละชนิดในพื้นที่ศึกษาถนนพระราม 3



ภาพที่ 4.4 (ต่อ) ปริมาณความเข้มข้นของสาร VOCs แต่ละชนิดในพื้นที่ศึกษาพระราม 3

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาพที่ 4.4 (ต่อ) ปริมาณความเข้มข้นของสาร VOCs แต่ละชนิดในพื้นที่ศึกษาพระราม 3

3) พื้นที่ศึกษา เขตจตุจักร

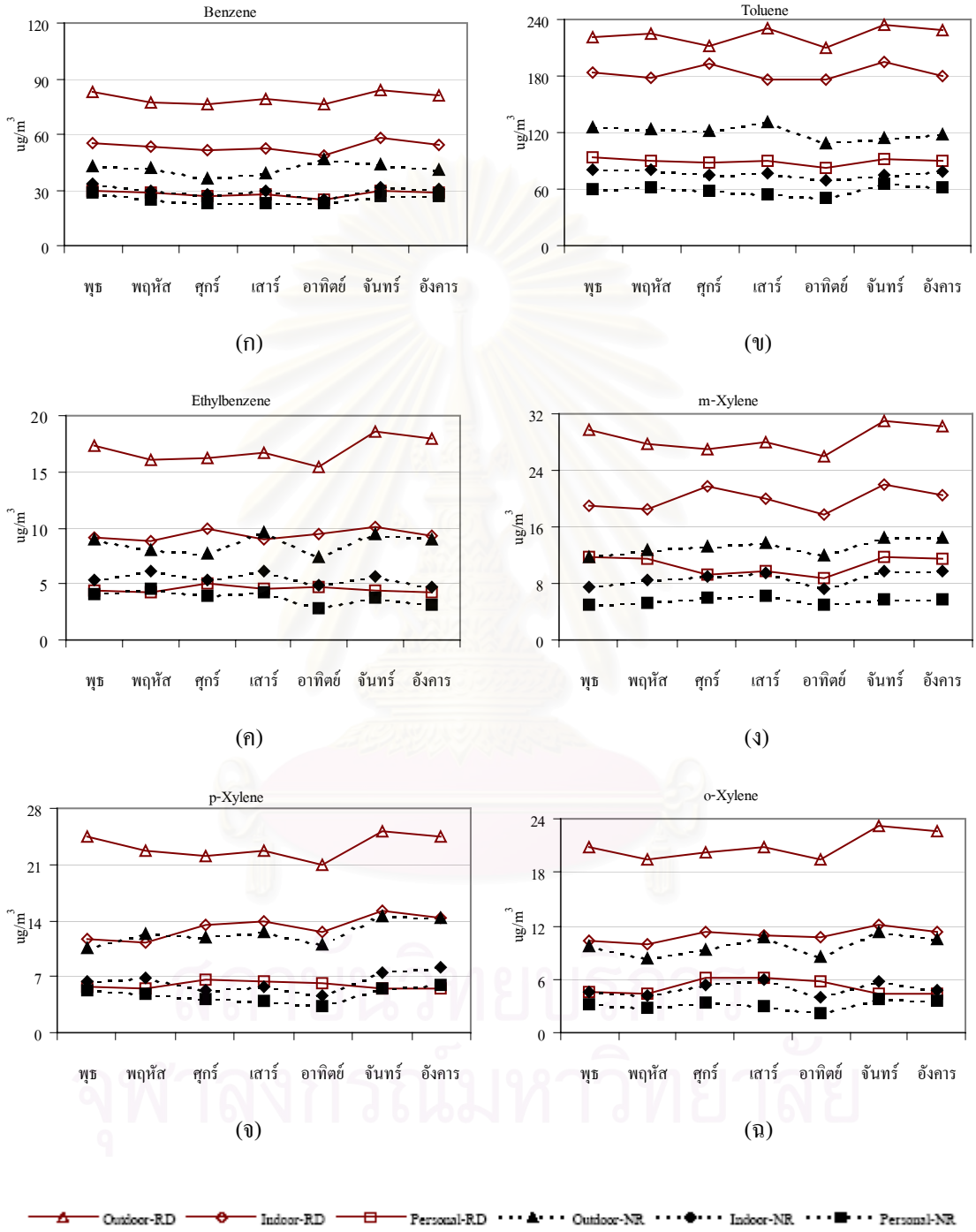
บริเวณที่พักอาศัยที่อยู่ริมถนน (roadside) และพื้นที่ทั่วไป (non-roadside) ของเขตจตุจักรที่ถนนพหลโยธิน ปริมาณสารแต่ละชนิดในเขตนี้มีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงในช่วงหนึ่งสัปดาห์ ดังภาพที่ 4.5 และปริมาณสารที่พบในแต่ละวันแสดงในตาราง ข-3.1 ถึง ข-3.6 ในภาคผนวก ข และสรุปแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงได้ดังนี้

3.1) บริเวณที่พักอาศัยที่อยู่ริมถนน (roadside) สารแต่ละชนิดมีแนวโน้มการเพิ่มขึ้น-ลดลงคล้ายกันคือ พบ outdoor > indoor > personal ยกเว้นสาร 1,4-dichlorobenzene ที่เป็นสารมาจากผลิตภัณฑ์ที่ใช้ในบ้านพบว่า indoor > personal > outdoor ซึ่งจากแนวโน้มของสารแต่ละชนิดที่ได้ในลักษณะเดียวกันนั้นทำให้เราทราบว่า ปริมาณสารที่พบแต่ละชนิดนั้นมาจากรถยนต์เป็นหลัก เช่นเดียวกับที่พบในเขตพระโขนงและยานนาวา

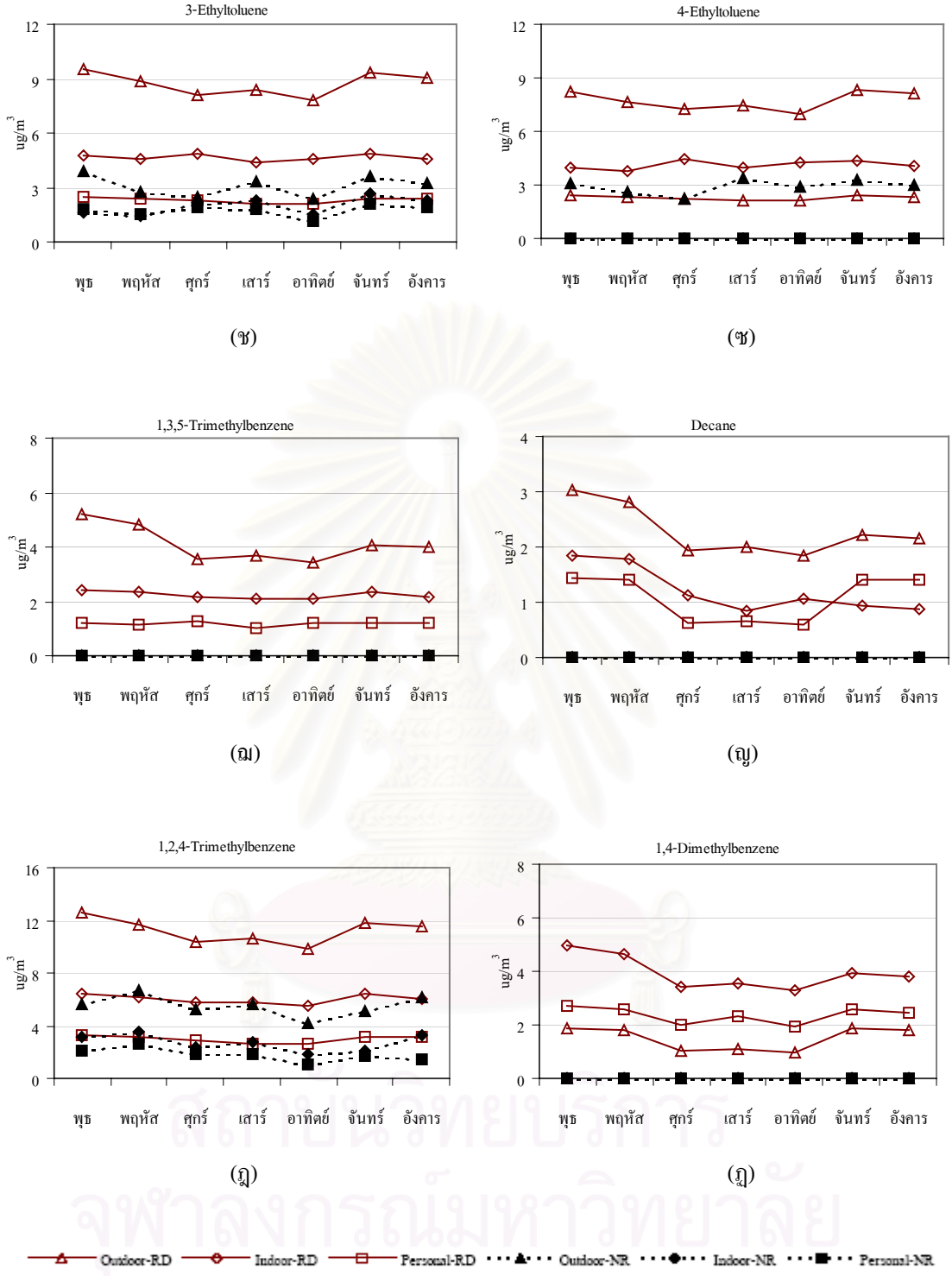
3.2) พื้นที่ทั่วไป (non-roadside) สารแต่ละชนิดมีแนวโน้มการเพิ่มขึ้น-ลดลง คล้ายกับบริเวณที่พักอาศัยที่อยู่ริมถนน(roadside) แต่ในพื้นที่ศึกษานี้ไม่สามารถตรวจพบ 4-Ethyltoluene 1,3,5-trimethylbenzene Decane 1,4-Dichlorobenzene และ 1,2,3-Trimethylbenzene เนื่องจากมีค่าต่ำกว่า LOD ที่ระดับ 0.04, 0.03, 0.07, 0.22 และ0.06 ng/m^3 ตามลำดับ เช่นเดียวกับที่บริเวณเขตยานนาวา

จากการเปรียบเทียบของทั้ง 2 บริเวณ นั้นมีการเปลี่ยนแปลงที่คล้ายกันคือ outdoor-RD > outdoor-NR indoor-RD > indoor-NR และ personal-RD > personal-NR ที่ได้แนวโน้มปริมาณสารที่พบแต่ละชนิดเป็นเช่นนี้ เนื่องมาจากแหล่งกำเนิดเหล่านี้มาจากรถยนต์ จึงทำให้ปริมาณในบริเวณพื้นที่ริมถนน สูงกว่า บริเวณพื้นที่ทั่วไป เช่นเดียวกับพื้นที่ศึกษาอื่นที่ได้กล่าวมาแล้ว ยกเว้นสาร limonene ที่พบว่าบริเวณพื้นที่ริมถนนมีปริมาณต่ำกว่าบริเวณพื้นที่ทั่วไปที่ได้แนวโน้มของสารเป็นเช่นนี้ เพราะลักษณะบ้านใน non-roadside มีพื้นที่ในการปลูกต้นไม้มากกว่าและจากจุดที่เก็บนั้นมีต้นไม้ปลูกอยู่ที่

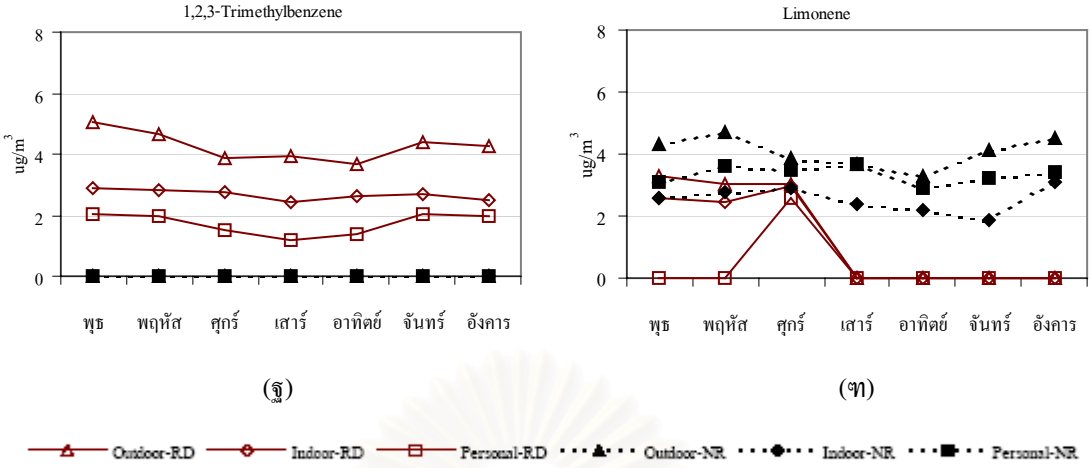
หน้าบ้านซึ่งต่างจากบริเวณพื้นที่ริมถนนที่หน้าบ้านจะเป็นทางเท้าคอนกรีตติดถนนจะพบต้นไม้น้อยกว่าบริเวณพื้นที่ทั่วไป และจะพบปริมาณสารที่ไม่สม่ำเสมอกันมีบางวันที่ไม่พบเนื่องจาก limonene มีค่าต่ำกว่า LOD ที่ระดับ 0.13 ng/m^3



ภาพที่4.5 ปริมาณความเข้มข้นของสาร VOCs แต่ละชนิดในพื้นที่ศึกษาถนนพหลโยธิน



ภาพที่4.5 (ต่อ) ปริมาณความเข้มข้นของสาร VOCs แต่ละชนิดในพื้นที่ศึกษาถนนพหลโยธิน



ภาพที่4.5 (ต่อ) ปริมาณความเข้มข้นของสาร VOCs แต่ละชนิดในพื้นที่ศึกษาถนนพหลโยธิน

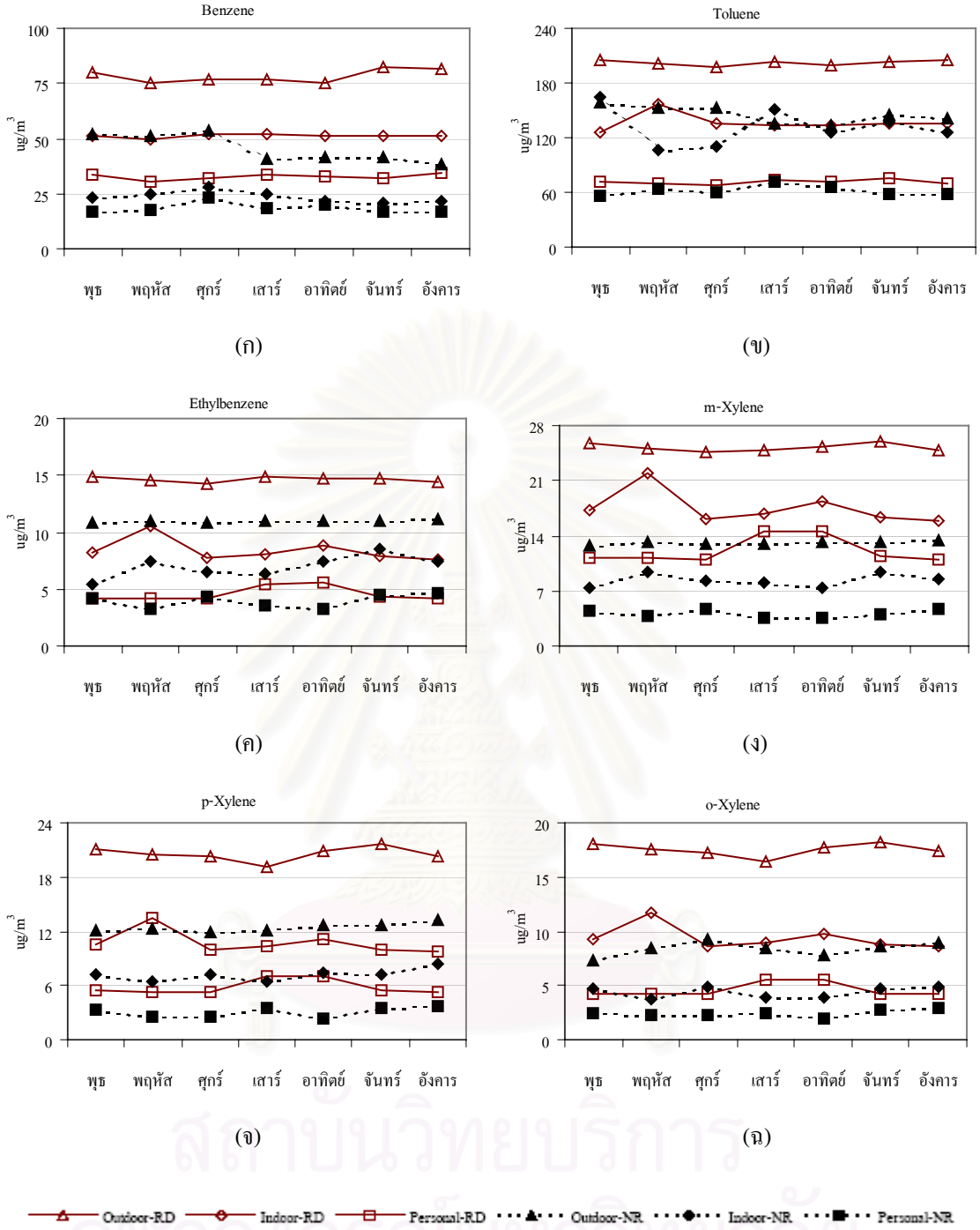
4) พื้นที่ศึกษา เขตราชเทวี

บริเวณที่พักอาศัยที่อยู่ริมถนน (roadside) และพื้นที่ทั่วไป (non-roadside) ของเขตราชเทวีที่ถนนพญาไท ปริมาณสารแต่ละชนิดในเขตนี้มีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงในช่วงหนึ่งสัปดาห์ ดังภาพที่ 4.6 และปริมาณสารที่พบในแต่ละวันแสดงในตาราง ข-4.1 ถึง ข-4.6 ในภาคผนวก ข และสรุปแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงได้ดังนี้

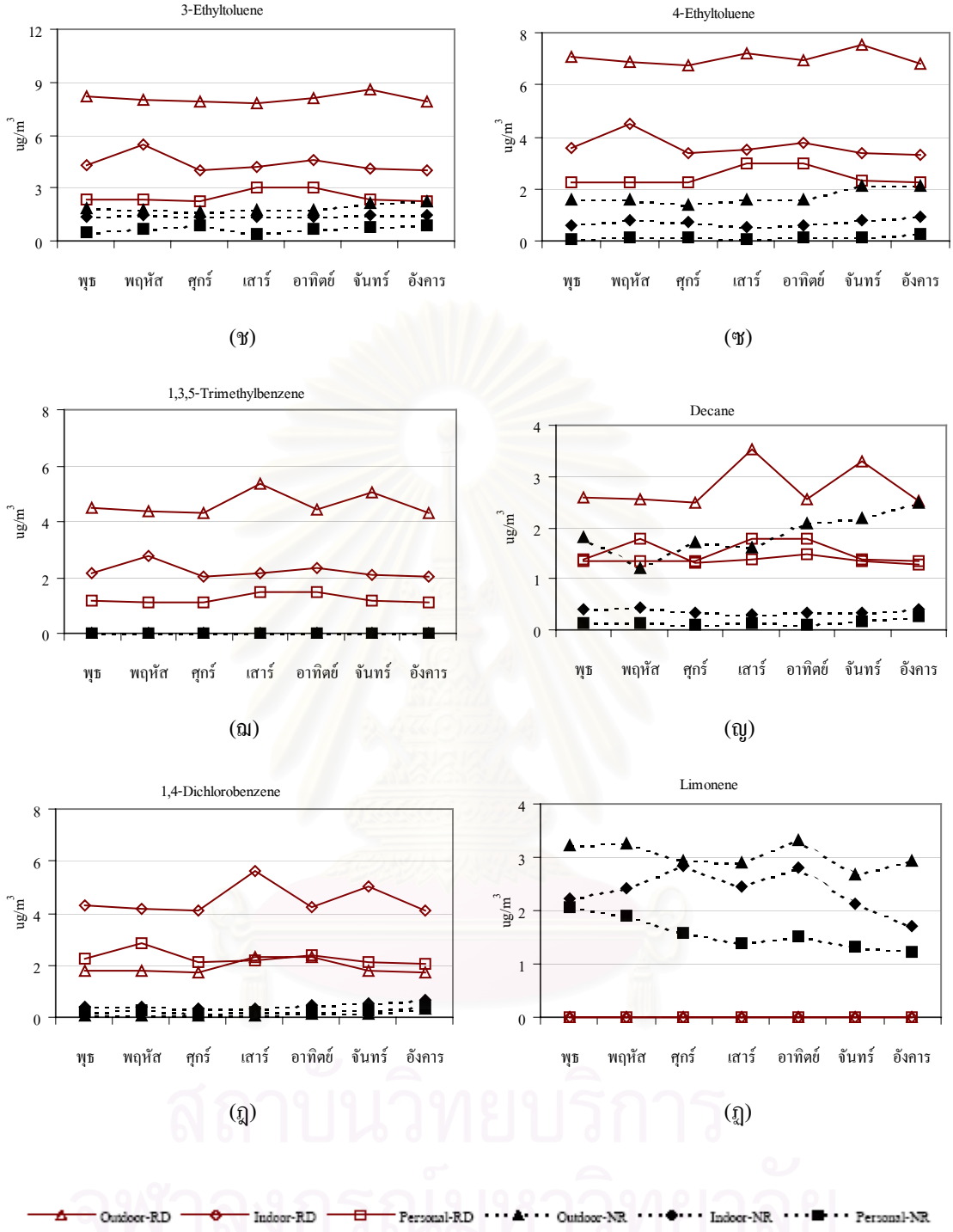
4.1) บริเวณที่พักอาศัยที่อยู่ริมถนน (roadside) สารแต่ละชนิดมีแนวโน้มการเพิ่มขึ้น-ลดลงคล้ายกันคือ พบ outdoor > indoor > personal ยกเว้นสาร 1,4-dichlorobenzene ซึ่งพบว่า indoor > persona > outdoor ซึ่งจากแนวโน้มของสารแต่ละชนิดที่ได้ในลักษณะเดียวกันนั้นทำให้เราทราบว่าปริมาณสารที่พบแต่ละชนิดนั้นมาจากแหล่งกำเนิดรถยนต์เป็นหลัก แต่ในบริเวณนี้ไม่สามารถตรวจพบ Limonene เนื่องจากมีค่าต่ำกว่า LOD ที่ระดับ 0.13 ng/m^3 เช่นเดียวกับพื้นที่เขตพระโขนง

4.2) พื้นที่ทั่วไป (non-roadside) สารแต่ละชนิดมีแนวโน้มการเพิ่มขึ้น-ลดลง คล้ายกับบริเวณที่พักอาศัยที่อยู่ริมถนน (roadside) แต่ในบริเวณนี้ไม่สามารถตรวจพบ 1,3,5-trimethylbenzene เนื่องจากมีค่าต่ำกว่า LOD ที่ระดับ 0.03 ng/m^3

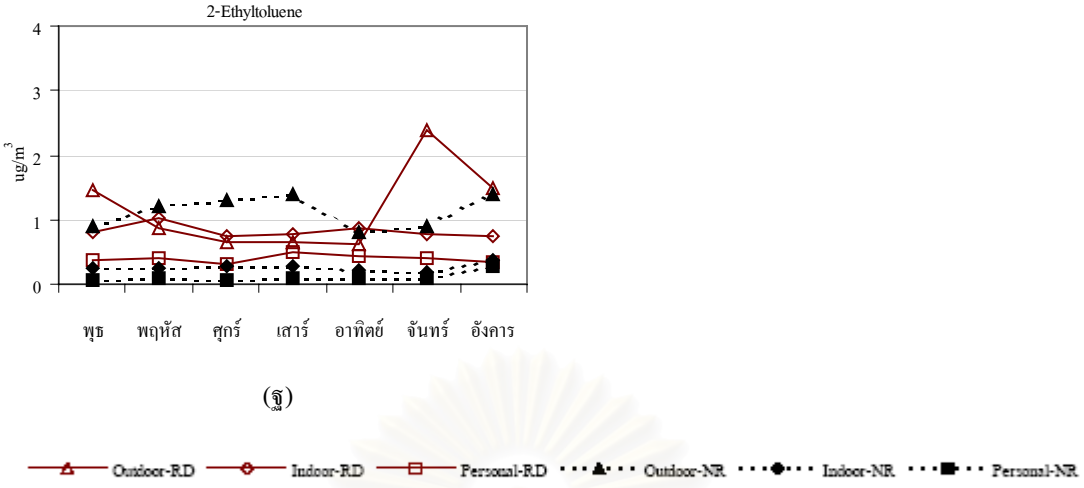
จากการเปรียบเทียบของทั้ง 2 บริเวณ นั้นมีการเปลี่ยนแปลงที่คล้ายกันคือ outdoor-RD > outdoor-NR indoor-RD > indoor-NR และ personal-RD > personal-NR ที่ได้แนวโน้มเป็นเช่นนี้ เนื่องมาจากสารที่พบมาจากแหล่งกำเนิดรถยนต์ จึงทำให้ปริมาณในบริเวณพื้นที่ริมถนน สูงกว่า บริเวณพื้นที่ทั่วไป ยกเว้นสาร limonene ที่พบว่า บริเวณพื้นที่ริมถนนมีปริมาณต่ำกว่า บริเวณพื้นที่ทั่วไป ที่ได้แนวโน้มของสารเป็นเช่นนี้ เพราะ ลักษณะบ้านในบริเวณพื้นที่ทั่วไปมีพื้นที่ในการปลูกต้นไม้มากกว่าและจากจุดที่เก็บนั้นมีต้นไม้ปลูกอยู่ที่หน้าบ้านซึ่งต่างจากบริเวณพื้นที่ริมถนนที่หน้าบ้านจะเป็นทางเท้าคอนกรีตติดถนนซึ่งไม่พบต้นไม้



ภาพที่ 4.6 (ต่อ) ปริมาณความเข้มข้นของสาร VOCs แต่ละชนิดในพื้นที่ศึกษาถนนพญาไท



ภาพที่ 4.6 (ต่อ) ปริมาณความเข้มข้นของสาร VOCs แต่ละชนิดในพื้นที่ศึกษาถนนพญาไท



ภาพที่ 4.6 (ต่อ) ปริมาณความเข้มข้นของสาร VOCs แต่ละชนิดในพื้นที่ศึกษาถนนพญาไท

5) พื้นที่ศึกษา เขตบางกะปิ

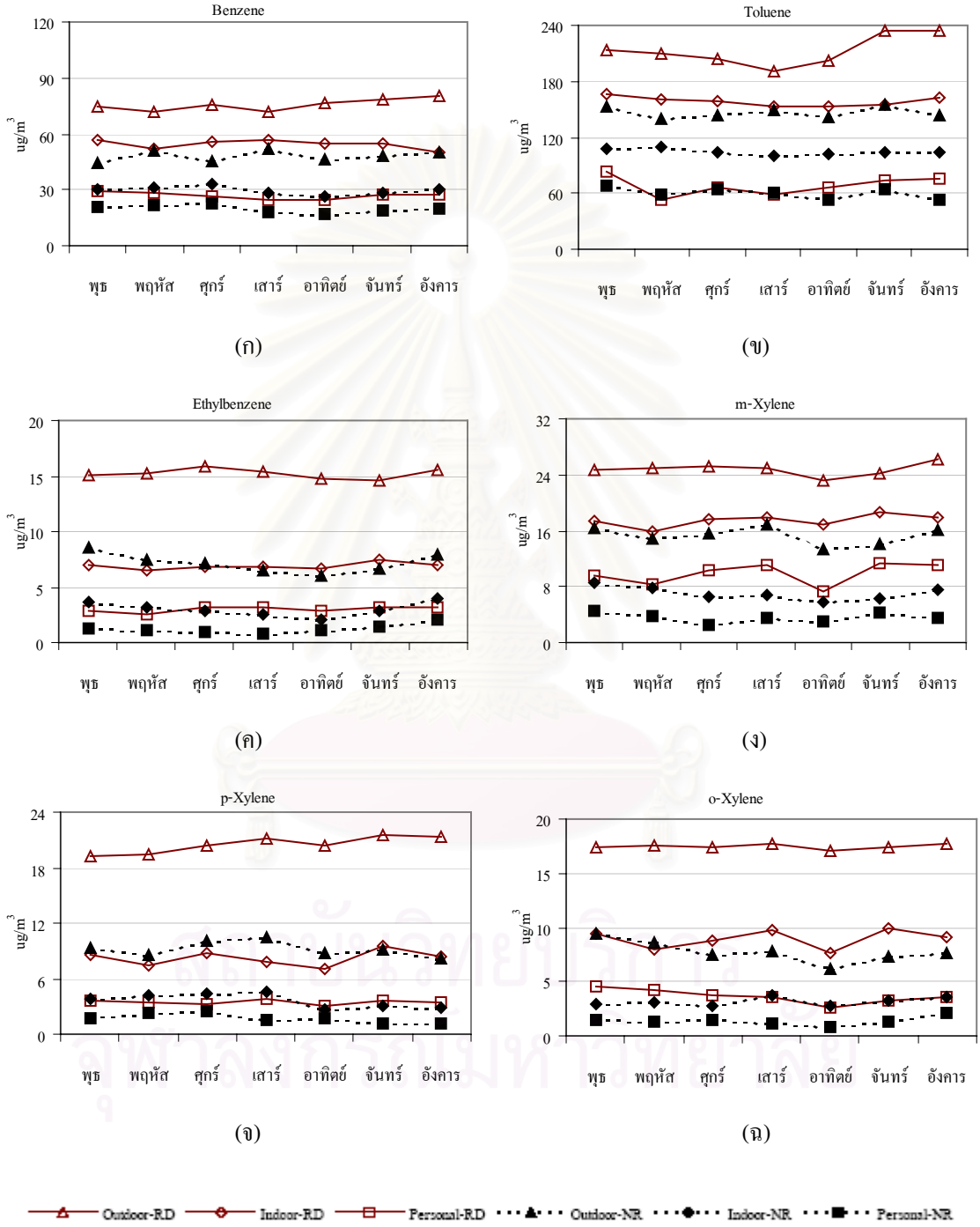
บริเวณที่พักอาศัยที่อยู่ริมถนน (roadside) และพื้นที่ทั่วไป (non-roadside) ของเขตราชเทวีที่ถนนพญาไท ปริมาณสารแต่ละชนิดในเขตนี้มีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงในช่วงหนึ่งสัปดาห์ ดังภาพที่ 4.7 และปริมาณสารที่พบในแต่ละวันแสดงในตาราง ข-5.1 ถึง ข-5.6 ในภาคผนวก ข และสรุปแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงได้ดังนี้

5.1) บริเวณที่พักอาศัยที่อยู่ริมถนน (roadside) สารแต่ละชนิดมีแนวโน้มการเพิ่มขึ้น-ลดลงคล้ายกันคือ พบ outdoor > indoor > personal ยกเว้นสาร 1,4-dichlorobenzene ซึ่งพบว่า indoor > personal > outdoor ซึ่งจากแนวโน้มของสารแต่ละชนิดที่ได้ในลักษณะเดียวกันนั้นทำให้เราทราบว่าปริมาณสารที่พบแต่ละชนิดนั้นมาจากแหล่งกำเนิดรถยนต์เป็นหลัก แต่ในบริเวณนี้ไม่สามารถตรวจพบ Limonene เนื่องจากมีค่าต่ำกว่า LOD ที่ระดับ 0.13 ng/m^{3}เช่นเดียวกับพื้นที่เขตพระโขนง และเขตราชเทวี

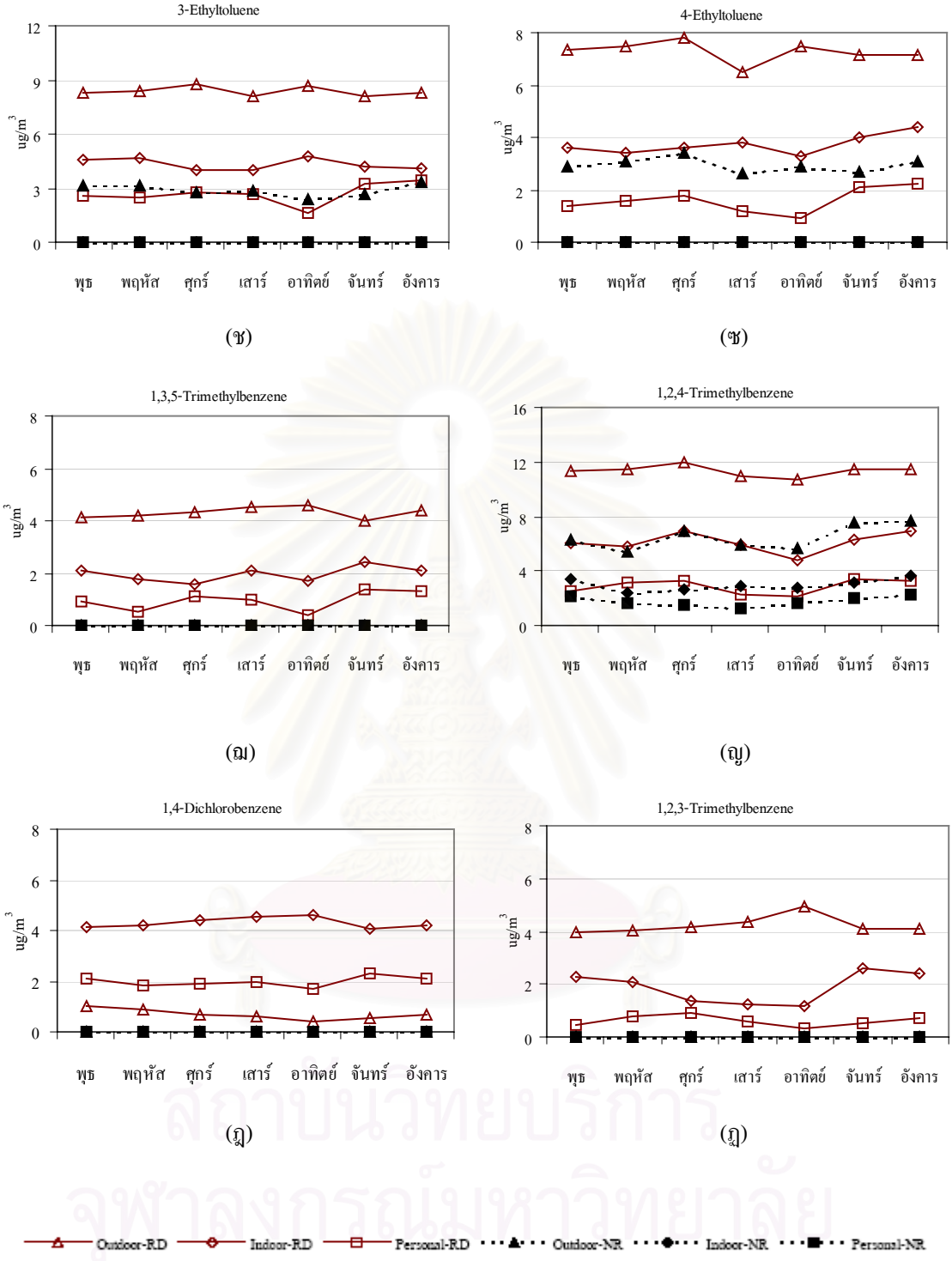
5.2) พื้นที่ทั่วไป (non-roadside) สารแต่ละชนิดมีแนวโน้มการเพิ่มขึ้น-ลดลง คล้ายกับบริเวณที่พักอาศัยที่อยู่ริมถนน (roadside) แต่ในบริเวณนี้ไม่สามารถตรวจพบ 3-ethyltoluene และ 4-ethyltoluene ภายในที่พักอาศัย และตัวบุคคลมีค่าต่ำกว่า LOD ที่ระดับ 0.03 และ 0.04 ng/m^3 ตามลำดับ และไม่สามารถตรวจพบ 1,3,5-trimethylbenzene 1,4-dichlorobenzene และ 1,2,3-trimethylbenzene เนื่องจากมีค่าต่ำกว่า LOD ที่ระดับ 0.03, 0.2 และ 0.06 ng/m^3 ตามลำดับ

จากการเปรียบเทียบของทั้ง 2 บริเวณนั้นมีการเปลี่ยนแปลงที่คล้ายกันคือ outdoor-RD > outdoor-NR indoor-RD > indoor-NR และ personal-RD > personal-NR ที่ได้แนวโน้มปริมาณสารที่พบแต่ละชนิดนั้นเป็นเช่นนี้ เนื่องมาจากสารที่พบมาจากแหล่งกำเนิดรถยนต์ จึงทำให้ปริมาณใน บริเวณพื้นที่ริมถนน สูงกว่า บริเวณพื้นที่ทั่วไป ยกเว้นสาร limonene ที่พบว่า บริเวณพื้นที่ริมถนน มีปริมาณต่ำกว่า

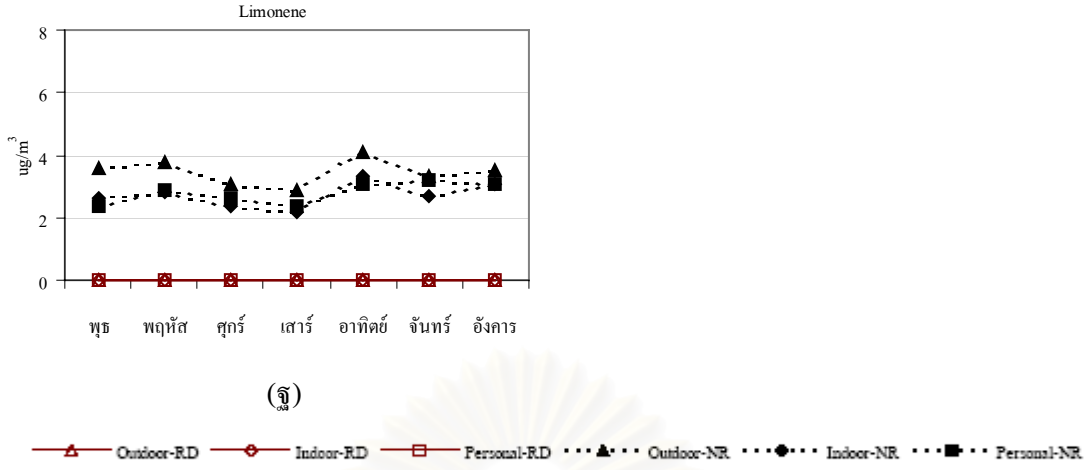
บริเวณพื้นที่ทั่วไปที่ได้แนวโน้มของสารเป็นเช่นนี้ เพราะ ลักษณะบ้านในบริเวณพื้นที่ทั่วไป มีพื้นที่ในการปลูกต้นไม้มากกว่าและจากจุดที่เก็บนั้นมีต้นไม้ปลูกอยู่ที่หน้าบ้านซึ่งต่างจากบริเวณพื้นที่ริมถนน ที่หน้าบ้านจะเป็นทางเท้าคอนกรีตติดถนนซึ่งไม่พบต้นไม้เช่นเดียวกับลักษณะที่พักอาศัยในเขตราชเทวี



ภาพที่4.7 ปริมาณความเข้มข้นของสาร VOCs แต่ละชนิดในพื้นที่ศึกษาถนนลาดพร้าว



ภาพที่4.7 (ต่อ) ปริมาณความเข้มข้นของสาร VOCs แต่ละชนิดในพื้นที่ศึกษาถนนลาดพร้าว



ภาพที่4.7 (ต่อ) ปริมาณความเข้มข้นของสาร VOCs แต่ละชนิดในพื้นที่ศึกษาถนนลาดพร้าว

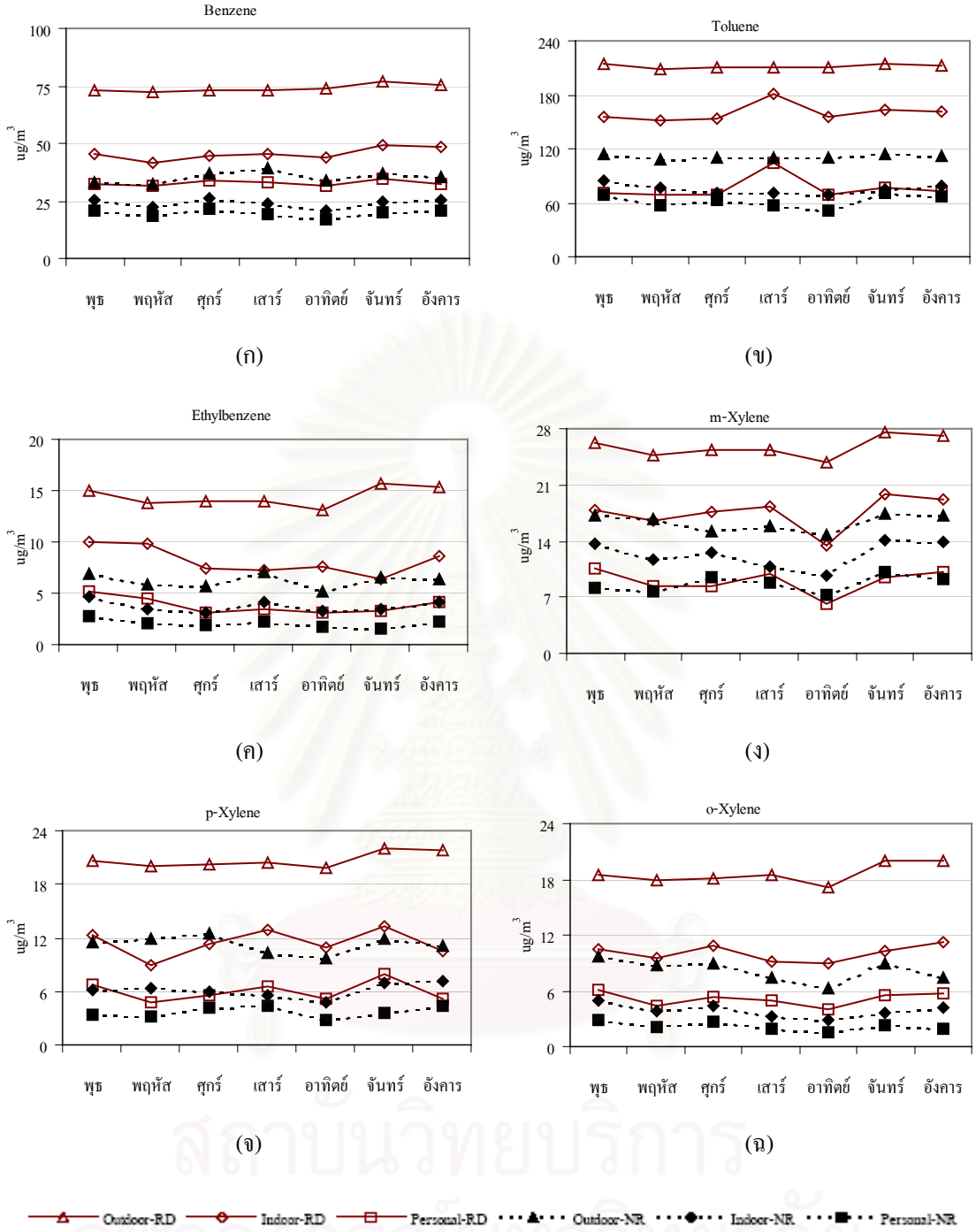
6) พื้นที่ศึกษา บางกอกน้อย

บริเวณที่พักอาศัยที่อยู่ริมถนน (roadside) และพื้นที่ทั่วไป (non-roadside) ของเขตบางกอกน้อยที่ถนนจรัญสนิทวงศ์ ปริมาณสารแต่ละชนิดในเขตนี้มีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงในช่วงหนึ่งสัปดาห์ ดังภาพที่ 4.8 และปริมาณสารที่พบในแต่ละวันแสดงในตาราง ข-6.1 ถึง ข-6.6 ในภาคผนวก ข และสรุปแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงได้ดังนี้

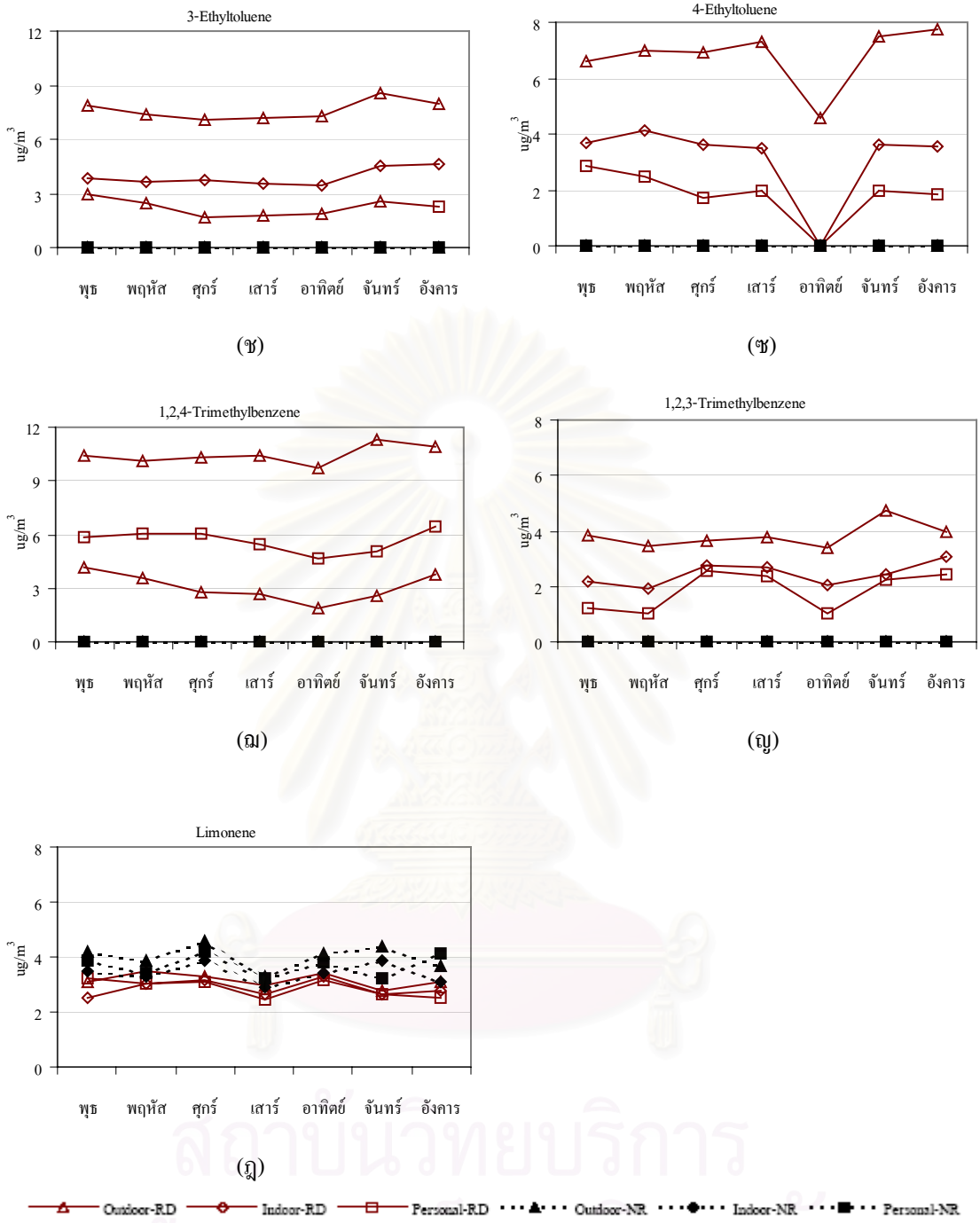
6.1) บริเวณที่พักอาศัยที่อยู่ริมถนน (roadside) สารแต่ละชนิดมีแนวโน้มการเพิ่มขึ้น-ลดลงคล้ายกันคือ พบ outdoor > indoor > personal ยกเว้นสาร 1,4-dichlorobenzene ซึ่งพบว่า indoor > personal > outdoor ซึ่งจากแนวโน้มของสารแต่ละชนิดที่ได้ในลักษณะเดียวกันนั้นทำให้เราทราบว่าปริมาณสารที่พบแต่ละชนิดนั้นมาจากแหล่งกำเนิดรถยนต์เป็นหลัก เช่นเดียวกับพื้นที่ที่กล่าวข้างต้น

6.2) พื้นที่ทั่วไป (non-roadside) สารแต่ละชนิดมีแนวโน้มการเพิ่มขึ้น-ลดลง คล้ายกับบริเวณที่พักอาศัยที่อยู่ริมถนน (roadside) แต่ในบริเวณนี้ไม่สามารถตรวจพบ 3-ethyltoluene 4-ethyltoluene 1,2,4-trimethylbenzene และ 1,2,3-trimethylbenzene เนื่องจากมีค่าต่ำกว่า LOD ที่ระดับ 0.03, 0.04, 0.04 และ 0.06 ng/m^3 ตามลำดับ

จากการเปรียบเทียบของทั้ง 2 บริเวณ นั้นมีการเปลี่ยนแปลงที่คล้ายกันคือ outdoor-RD > outdoor-NR indoor-RD > indoor-NR และ personal-RD > personal-NR ซึ่งได้แนวโน้มปริมาณสารที่พบแต่ละชนิดเช่นเดียวกัน เนื่องมาจากสารที่พบมาจากรถยนต์เช่นกัน จึงทำให้ปริมาณในบริเวณพื้นที่ริมถนน สูงกว่า บริเวณพื้นที่ทั่วไป ยกเว้นสาร limonene ที่พบว่าในทุกๆจุดที่เก็บตัวอย่างทั้งบริเวณพื้นที่ริมถนน และ บริเวณพื้นที่ทั่วไป มีปริมาณใกล้คียงกัน



ภาพที่4.8 ปริมาณความเข้มข้นของสาร VOCs แต่ละชนิดในพื้นที่ศึกษาถนนจรัญสนิทวงศ์



ภาพที่4.8 (ต่อ) ปริมาณความเข้มข้นของสาร VOCs แต่ละชนิดในพื้นที่ศึกษาถนนจรัญสนิทวงศ์

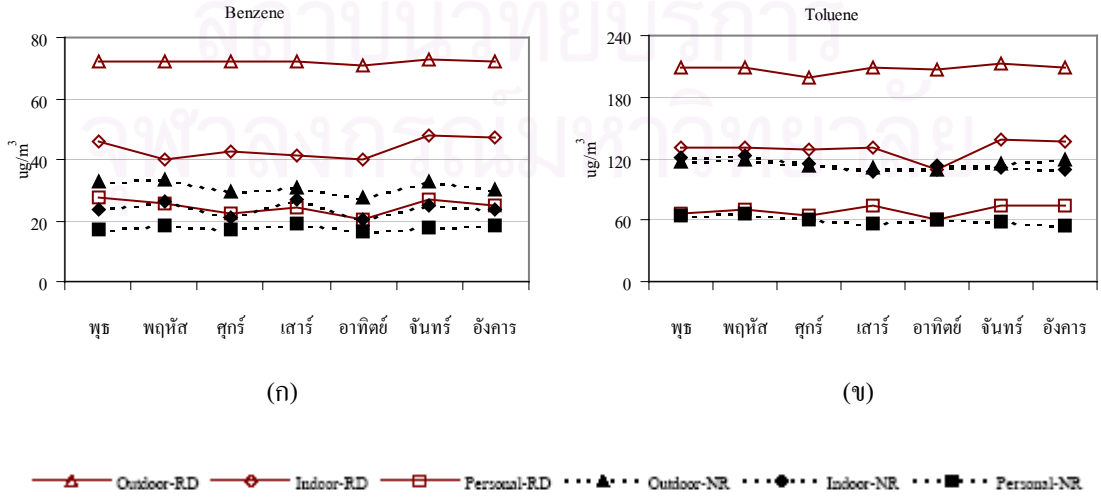
7) พื้นที่ศึกษา เขตบางแค

บริเวณที่พักอาศัยที่อยู่ริมถนน (roadside) และพื้นที่ทั่วไป (non-roadside) ของเขตบางแคที่ถนนเพชรเกษม ปริมาณสารแต่ละชนิดในเขตนี้มีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงในช่วงหนึ่งสัปดาห์ ดังภาพที่ 4.9 และปริมาณสารที่พบในแต่ละวันแสดงในตาราง ข-7.1 ถึง ข-7.6 ในภาคผนวก ข และสรุปแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงได้ดังนี้

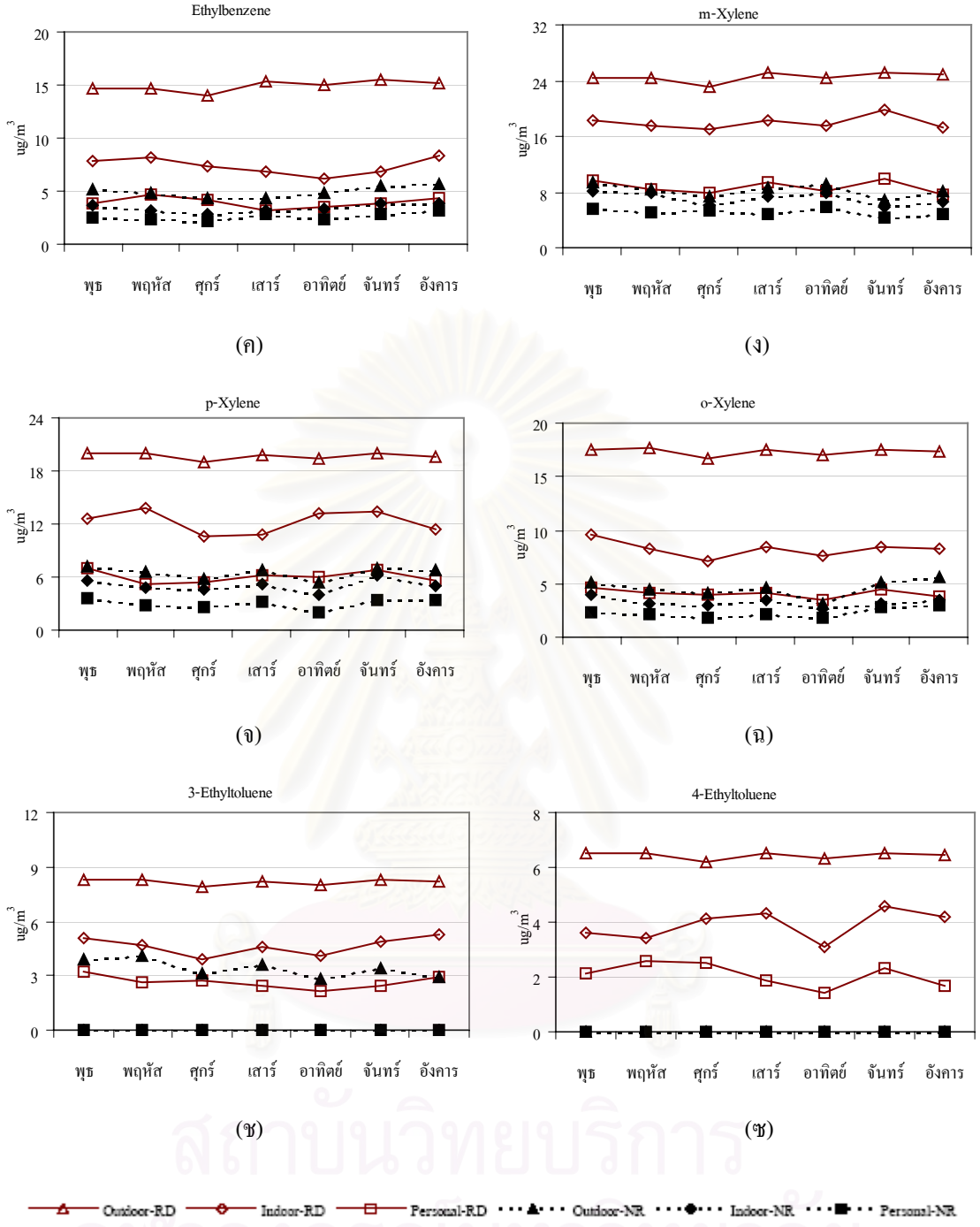
6.1) บริเวณที่พักอาศัยที่อยู่ริมถนน (roadside) สารแต่ละชนิดมีแนวโน้มการเพิ่มขึ้น-ลดลงคล้ายกันคือ พบ outdoor > indoor > personal ยกเว้นสาร 1,4-dichlorobenzene ซึ่งพบว่า indoor > personal > outdoor ซึ่งจากแนวโน้มของสารแต่ละชนิดที่ได้ในลักษณะเดียวกันนั้นทำให้เราทราบว่าปริมาณสารที่พบแต่ละชนิดนั้นมาจากแหล่งกำเนิดรถยนต์เป็นหลัก แต่ในบริเวณนี้ไม่สามารถตรวจพบ Limonene เนื่องจากมีค่าต่ำกว่า LOD ที่ระดับ 0.13 ng/m^3

6.2) พื้นที่ทั่วไป (non-roadside) สารแต่ละชนิดมีแนวโน้มการเพิ่มขึ้น-ลดลง คล้ายกับบริเวณที่พักอาศัยที่อยู่ริมถนน(roadside)แต่ในบริเวณนี้ไม่สามารถตรวจพบ 3-ethyltoluene 4-ethyltoluene 1,2,4-trimethylbenzene 1,4-dichlorobenzene และ 1,2,3-trimethylbenzene เนื่องจากมีค่าต่ำกว่า LOD ที่ระดับ 0.03, 0.04, 0.04, 0.2 และ 0.06 ng/m^3 ตามลำดับ เช่นเดียวกับการศึกษาในเขตบางกอกน้อย

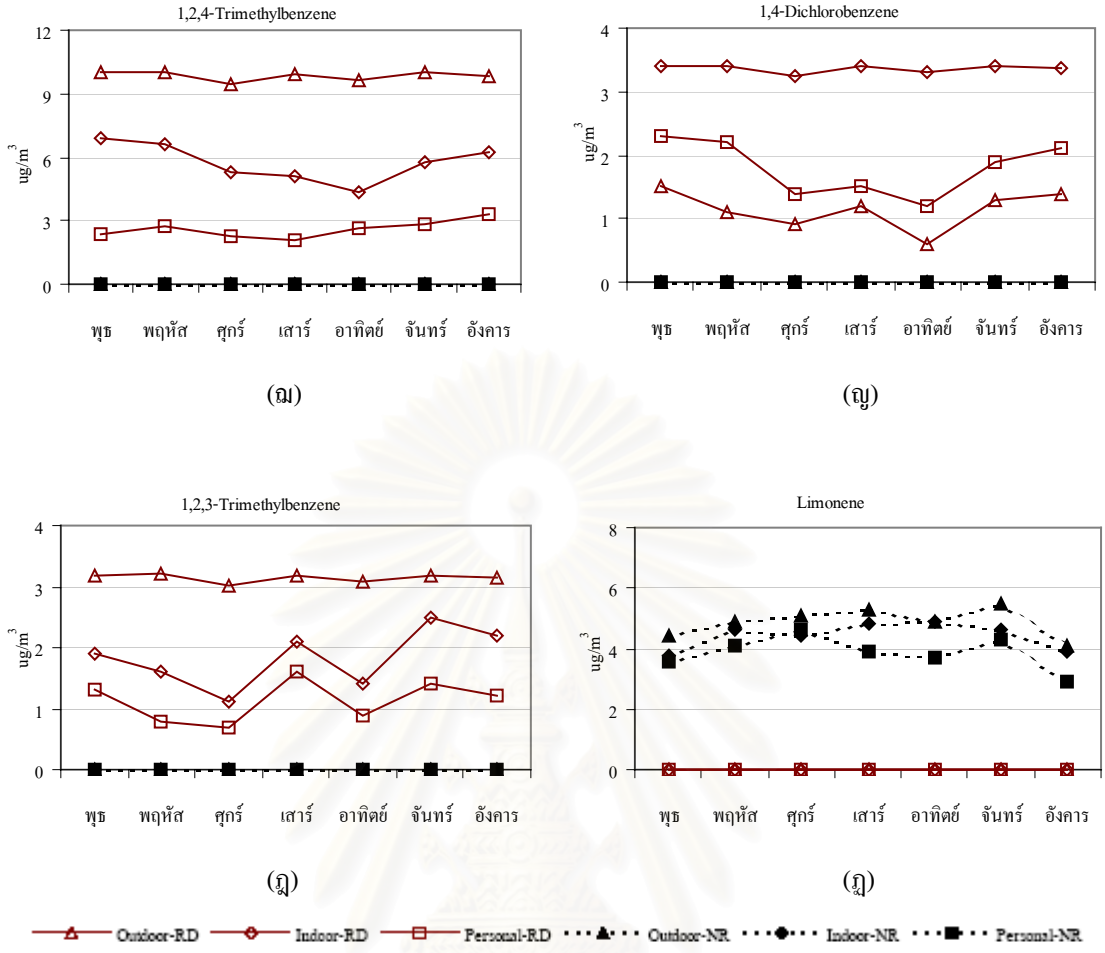
จากการเปรียบเทียบของทั้ง 2 บริเวณ นั้นมีการเปลี่ยนแปลงที่คล้ายกันคือ outdoor-RD > outdoor-NR indoor-RD > indoor-NR และ personal-RD > personal-NR ที่ได้แนวโน้มปริมาณสารที่พบแต่ละชนิดนั้นเป็นเช่นนี้ เนื่องมาจากสารที่พบมาจากแหล่งกำเนิดที่เป็นรถยนต์ จึงทำให้ปริมาณในบริเวณพื้นที่ริมถนน สูงกว่า บริเวณพื้นที่ทั่วไป ยกเว้นสาร limonene ที่พบว่า บริเวณพื้นที่ริมถนน ไม่พบสาร limonene แต่พบในพื้นที่ของบริเวณพื้นที่ทั่วไป ซึ่งแนวโน้มของสารเป็นเช่นนี้ เพราะลักษณะบ้านในบริเวณพื้นที่ทั่วไปมีพื้นที่ในการปลูกต้นไม้มากกว่า และจากจุดที่เก็บนั้นมีต้นไม้ปลูกอยู่ที่หน้าบ้านซึ่งต่างจากบริเวณพื้นที่ริมถนน ที่หน้าบ้านจะเป็นทางเท้าคอนกรีตติดถนนซึ่งไม่พบต้นไม้ เช่นเดียวกับพื้นที่ในเขตบางกะปิ



ภาพที่4.9 ปริมาณความเข้มข้นของสาร VOCs แต่ละชนิดในพื้นที่ศึกษาถนนเพชรเกษม



ภาพที่4.9 (ต่อ) ปริมาณความเข้มข้นของสาร VOCs แต่ละชนิดในพื้นที่ศึกษาถนนเพชรเกษม



ภาพที่4.9(ต่อ) ปริมาณความเข้มข้นของสาร VOCs แต่ละชนิดในพื้นที่ศึกษาถนนเพชรเกษม

8) พื้นที่ศึกษาเขตประเวศ

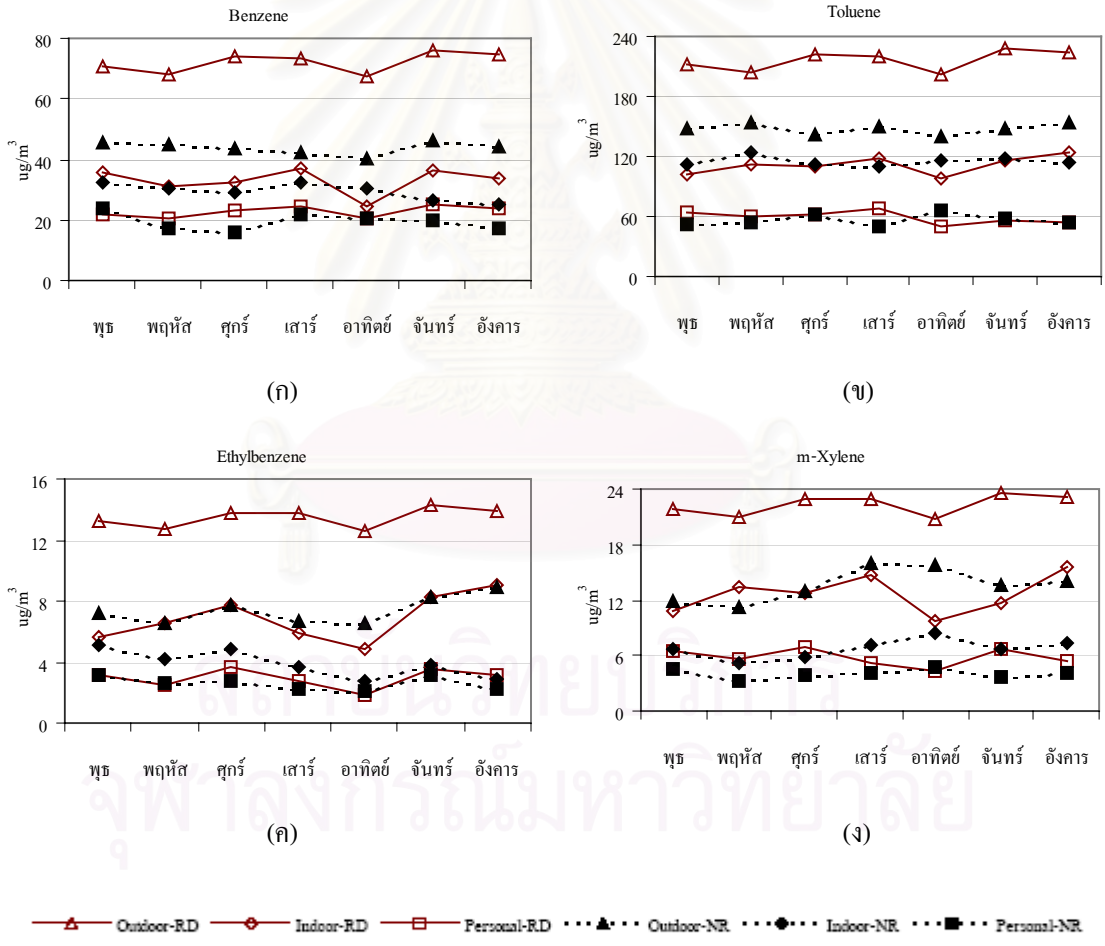
บริเวณที่พักอาศัยที่อยู่ริมถนน (roadside) และพื้นที่ทั่วไป (non-roadside) ของเขตประเวศที่ถนนศรีนครินทร์ ปริมาณสารแต่ละชนิดในเขตนี้มีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงในช่วงหนึ่งสัปดาห์ ดังภาพที่ 4.10 และปริมาณสารที่พบในแต่ละวันแสดงในตาราง ข-8.1 ถึง ข-8.6 ในภาคผนวก ข และสรุปแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงได้ดังนี้

8.1) บริเวณที่พักอาศัยที่อยู่ริมถนน (roadside) สารแต่ละชนิดมีแนวโน้มการเพิ่มขึ้น-ลดลงคล้ายกันคือ พบ outdoor > indoor > personal ยกเว้นสาร 1,4-dichlorobenzene ซึ่งพบว่า indoor > personal > outdoor ซึ่งจากแนวโน้มของสารแต่ละชนิดที่ได้ในลักษณะเดียวกันนั้นทำให้เราทราบว่าปริมาณสารที่พบแต่ละชนิดนั้นมาจากแหล่งกำเนิดรถยนต์เป็นหลัก เช่นเดียวกับพื้นที่ที่กล่าวข้างต้น

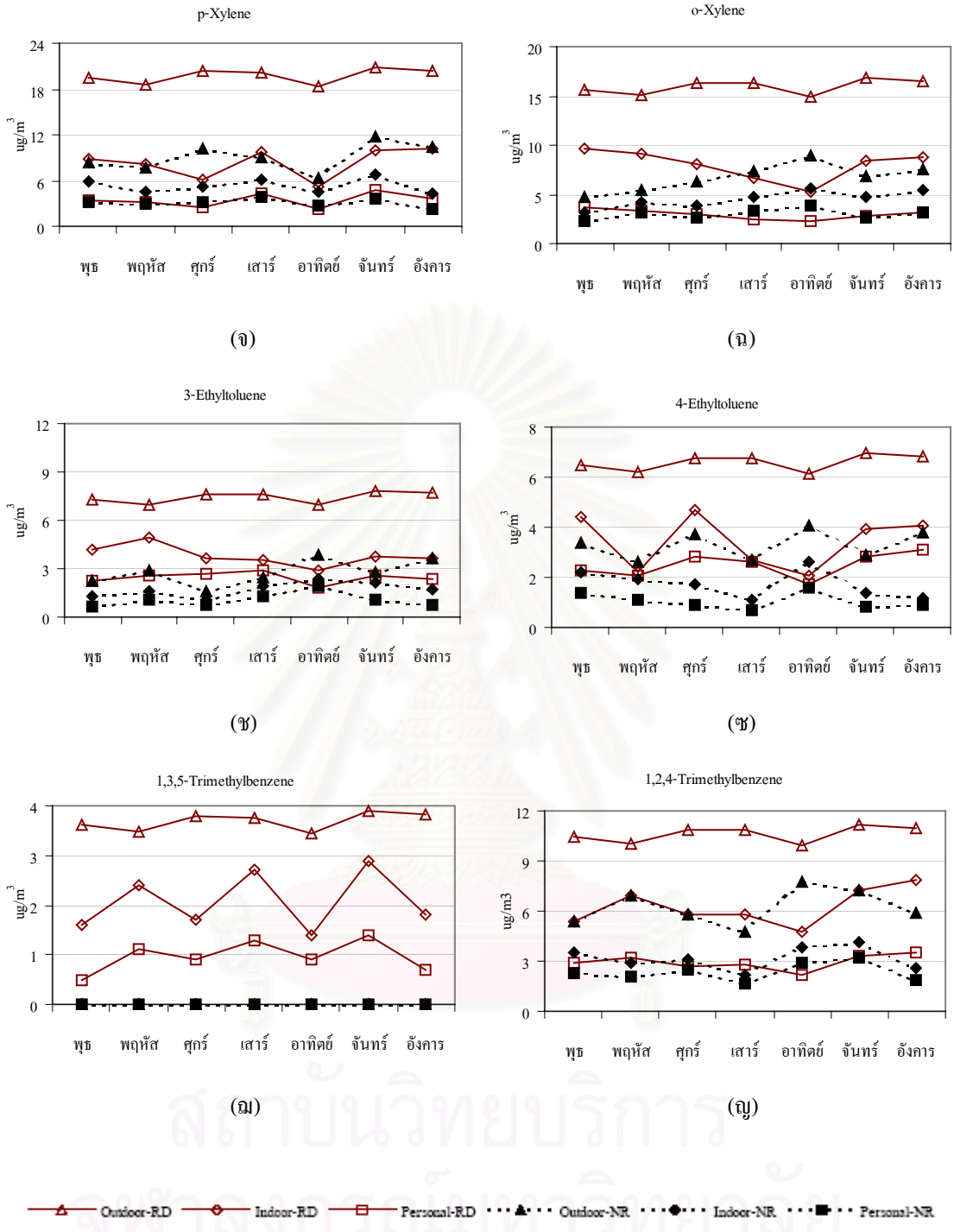
8.2) พื้นที่ทั่วไป (non-roadside) สารแต่ละชนิดมีแนวโน้มการเพิ่มขึ้น-ลดลง คล้ายกับบริเวณที่พักอาศัยที่อยู่ริมถนน (roadside) แต่ในบริเวณนี้ไม่สามารถตรวจพบ 1,3,5-trimethylbenzene

1,4-dichlorobenzene และ 1,2,3-trimethylbenzene เนื่องจากมีค่าต่ำกว่า LOD ที่ระดับ 0.03, 0.2 และ 0.06 ng/m^3 ตามลำดับ เช่นเดียวกับพื้นที่ที่กล่าวในข้างต้น

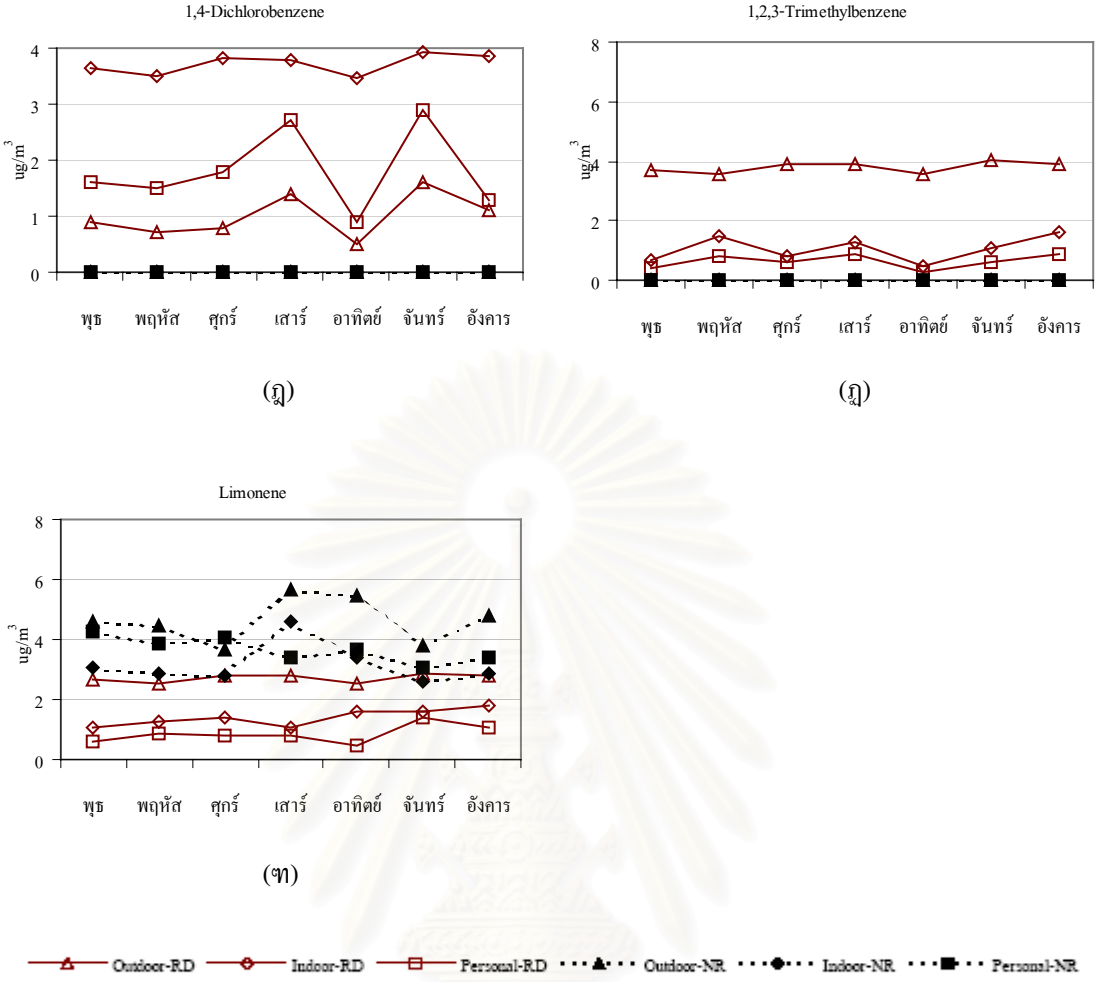
จากการเปรียบเทียบของทั้ง 2 บริเวณ นั้นมีการเปลี่ยนแปลงที่คล้ายกันคือ outdoor-RD > outdoor-NR indoor-RD > indoor-NR และ personal-RD > personal-NR ที่ได้แนวโน้มปริมาณสารที่พบแต่ละชนิดนั้นเป็นเช่นนี้ เนื่องมาจากสารที่พบมาจากแหล่งกำเนิดที่เป็นรถยนต์ จึงทำให้ปริมาณในบริเวณพื้นที่ริมถนน สูงกว่า บริเวณพื้นที่ทั่วไป ยกเว้นสาร limonene ที่พบว่า บริเวณพื้นที่ริมถนน มีปริมาณต่ำกว่า บริเวณพื้นที่ทั่วไป ที่ได้แนวโน้มของสารเป็นเช่นนี้ เพราะ ลักษณะบ้านในบริเวณพื้นที่ทั่วไปมีพื้นที่ในการปลูกต้นไม้มากกว่าและจากจุดที่เก็บนั้นมีต้นไม้ปลูกอยู่ที่หน้าบ้านและจุดเก็บยังอยู่ตรงข้ามกับสวนหลวงร.9 ซึ่งต่างจากบริเวณพื้นที่ริมถนน ที่หน้าบ้านจะเป็นคอนกรีตติดถนนซึ่งปลูกต้นไม้อยู่ในกระถางมีปริมาณต้นไม้น้อยกว่า บริเวณพื้นที่ทั่วไป เช่นเดียวกับพื้นที่ที่กล่าวมาข้างต้น



ภาพที่4.10 ปริมาณความเข้มข้นของสาร VOCs แต่ละชนิดในพื้นที่ศึกษาถนนศรีนครินทร์



ภาพที่4.10 (ต่อ) ปริมาณความเข้มข้นของสาร VOCs แต่ละชนิดในพื้นที่ศึกษาถนนศรีนครินทร์



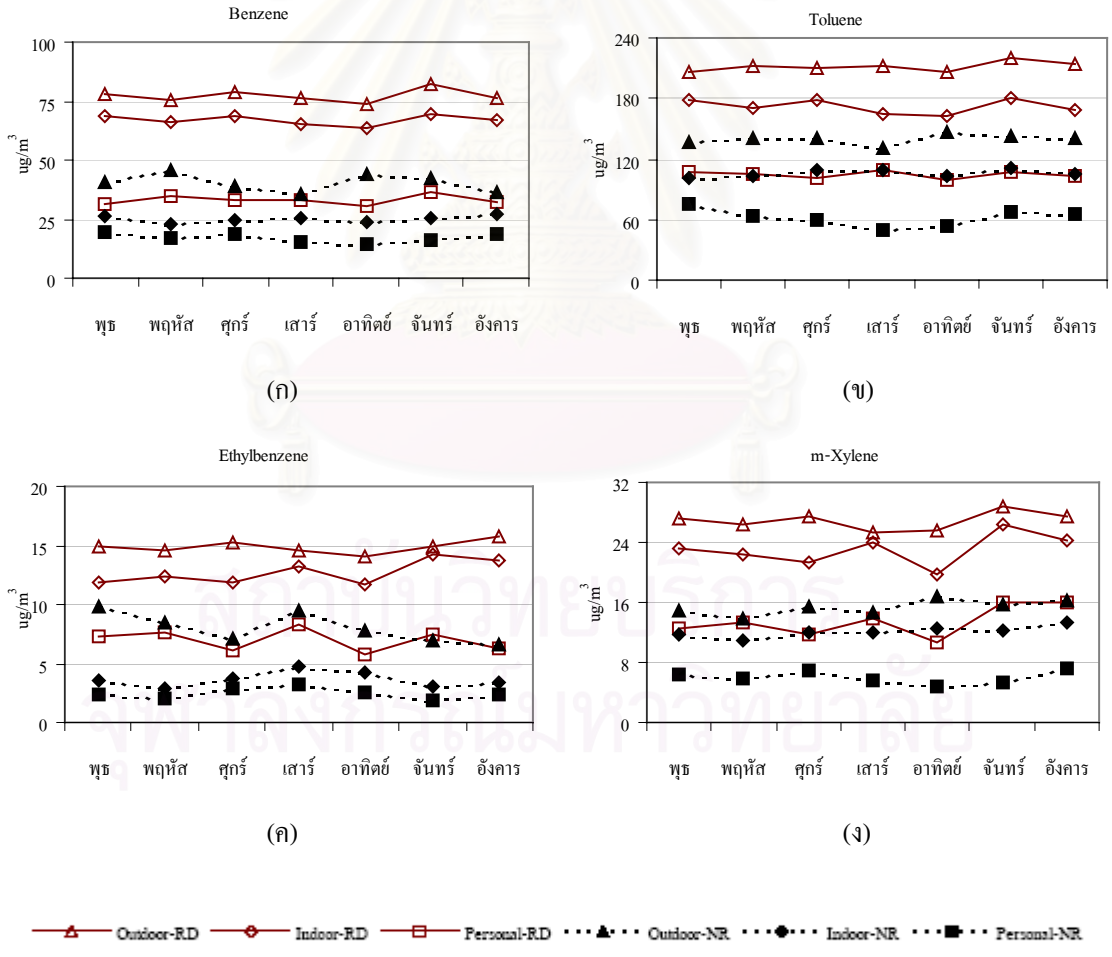
ภาพที่4.10 (ต่อ) ปริมาณความเข้มข้นของสาร VOCs แต่ละชนิดในพื้นที่ศึกษาถนนศรีนครินทร์

9) พื้นที่ศึกษา เขตคันนายาว

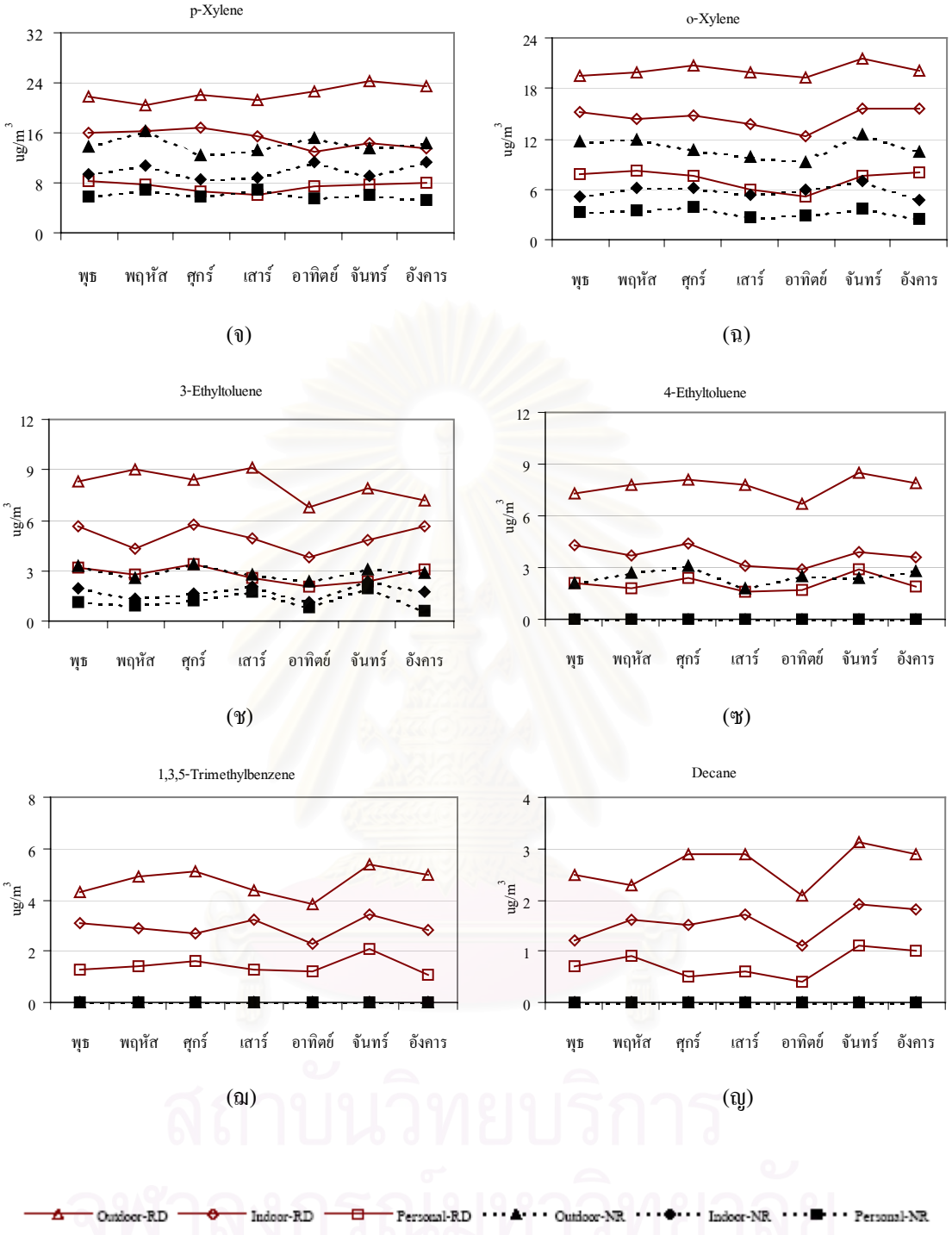
บริเวณที่พักอาศัยที่อยู่ริมถนน (roadside) และพื้นที่ทั่วไป (non-roadside) ของเขตคันนายาวที่ถนนรามอินทรา ปริมาณสารแต่ละชนิดในเขตนี้มีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงในช่วงหนึ่งสัปดาห์ ดังภาพที่ 4.11 และปริมาณสารที่พบในแต่ละวันแสดงในตาราง ข-9.1 ถึง ข-9.6 ในภาคผนวก ข และสรุปแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงได้ดังนี้

9.1) บริเวณที่พักอาศัยที่อยู่ริมถนน (roadside) สารแต่ละชนิดมีแนวโน้มการเพิ่มขึ้น-ลดลงคล้ายกันคือ พบ outdoor > indoor > personal ยกเว้นสาร 1,4-dichlorobenzene ที่เป็นสารมาจากผลิตภัณฑ์ที่ใช้ในบ้านพบว่า indoor > personal > outdoor ซึ่งจากแนวโน้มของสารแต่ละชนิดที่ได้ในลักษณะเดียวกัน ทำให้เราทราบว่าปริมาณสารที่พบแต่ละชนิดนั้นมาจากแหล่งกำเนิดที่เป็นรถยนต์เป็นหลัก แต่ในบริเวณนี้ไม่สามารถตรวจพบ Limonene เนื่องจากมีค่าต่ำกว่า LOD ที่ระดับ 0.13 ng/m^3 เช่นเดียวกับพื้นที่ที่กล่าวข้างต้น

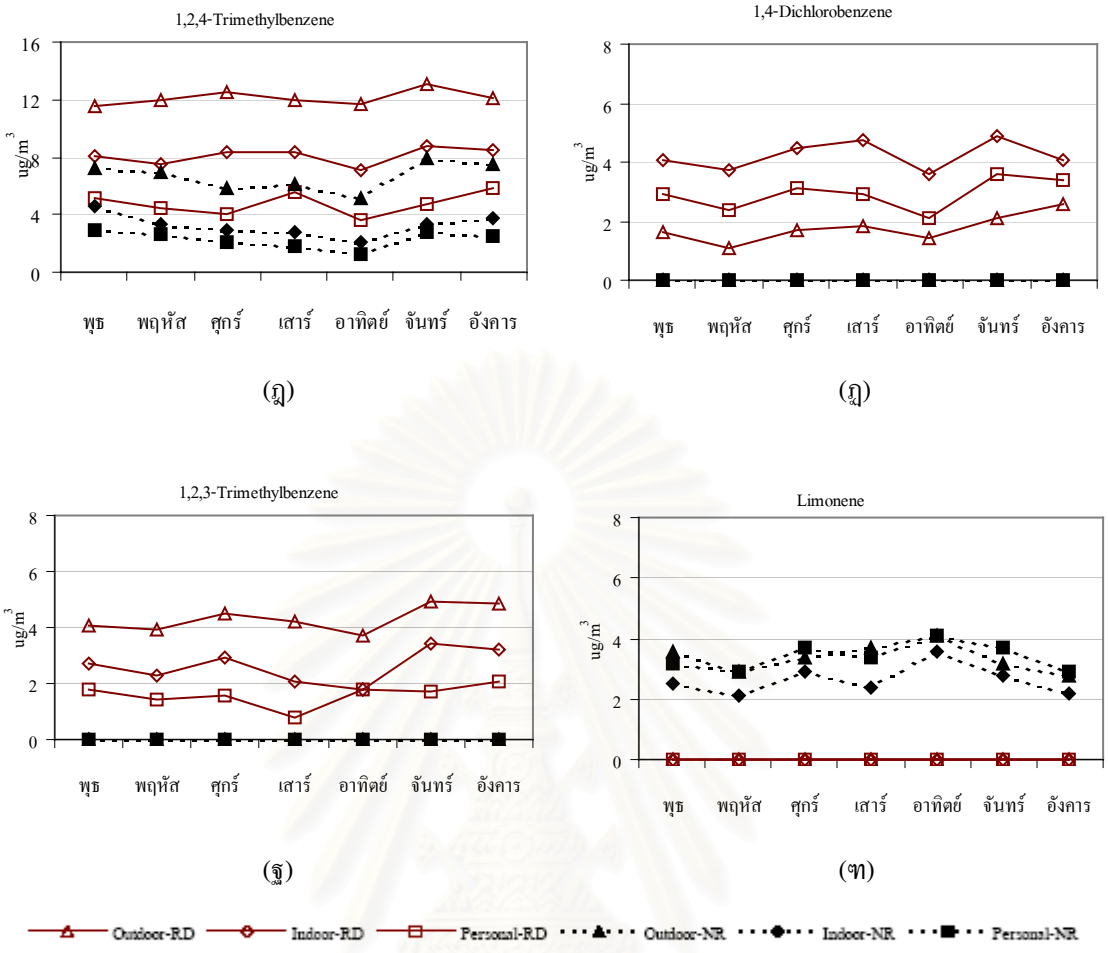
9.2) พื้นที่ทั่วไป (non-roadside) สารแต่ละชนิดมีแนวโน้มการเพิ่มขึ้น-ลดลง คล้ายกับบริเวณที่พักอาศัยที่อยู่ริมถนน (roadside) แต่ในบริเวณนี้ไม่สามารถตรวจพบ 4-ethyltoluene 1,3,5-trimethylbenzene Decane 1,4-dichlorobenzene และ 1,2,3-trimethylbenzene เนื่องจากมีค่าต่ำกว่า LOD ที่ระดับ0.04, 0.03, 0.07, 0.22 และ0.06 ng/m^3 ตามลำดับ จากการเปรียบเทียบของทั้ง 2 บริเวณนั้นมีการเปลี่ยนแปลงที่คล้ายกันคือ outdoor-RD > outdoor-NR indoor-RD > indoor-NR และ personal-RD > personal-NR ที่ได้แนวโน้มปริมาณสารที่พบแต่ละชนิดนั้นเป็นเช่นนี้ เนื่องมาจากสารที่พบมาจากรถยนต์ จึงทำให้ปริมาณใน บริเวณพื้นที่ริมถนน สูงกว่า บริเวณพื้นที่ทั่วไป ยกเว้นสาร limonene ที่พบว่า บริเวณพื้นที่ริมถนน มีปริมาณต่ำกว่า บริเวณพื้นที่ทั่วไป ที่ได้แนวโน้มของสารเป็นเช่นนี้ เพราะ ลักษณะบ้านในบริเวณพื้นที่ทั่วไป มีพื้นที่ในการปลูกต้นไม้มากกว่าและจากจุดที่เก็บนั้นมีต้นไม้ปลูกอยู่ที่หน้าบ้าน ซึ่งต่างจากบริเวณพื้นที่ริมถนน ที่หน้าบ้านจะเป็นคอนกรีตติดถนนทำให้ไม่พบต้นไม้ในบริเวณนี้ เช่นเดียวกับพื้นที่ที่กล่าวข้างต้น



ภาพที่ 4.11 ปริมาณความเข้มข้นของสาร VOCs แต่ละชนิดในพื้นที่ศึกษาถนนรามอินทรา



ภาพที่ 4.11 (ต่อ) ปริมาณความเข้มข้นของสาร VOCs แต่ละชนิดในพื้นที่ศึกษาถนนรามอินทรา



ภาพที่ 4.11 (ต่อ) ปริมาณความเข้มข้นของสาร VOCs แต่ละชนิดในพื้นที่ศึกษาถนนรามอินทรา

ปริมาณสาร VOCs แต่ละชนิดในทุกเขตที่ทำการศึกษามีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงในช่วงหนึ่งสัปดาห์ไปในทิศทางเดียวกัน ความสัมพันธ์ของ VOCs ที่ตรวจพบในแต่ละพื้นที่ พบว่า ภายนอกอาคารมากกว่า ภายในอาคาร ภายในอาคารมากกว่าที่บุคคลได้รับสัมผัส ยกเว้นสาร 1,4-dichlorobenzene พบภายในอาคารมากกว่าที่บุคคลได้รับสัมผัส บุคคลได้รับสัมผัสมากกว่าภายนอกอาคาร เนื่องจากสารชนิดนี้เป็นสารมาจากผลิตภัณฑ์ที่ใช้ในบ้าน และพบว่าในบางพื้นที่ของบริเวณที่พักอาศัยที่อยู่ริมถนน (roadside) ไม่สามารถตรวจพบ limonene ซึ่งเป็นสาร VOCs ที่ปล่อยจากต้นไม้ อาทิเช่น ต้นไม้ตระกูลส้ม และดอกไม้ และในพื้นที่ทั่วไป (non-roadside) ไม่สามารถตรวจพบ 3-ethyltoluene 4-ethyltoluene 1,3,5-trimethylbenzene Decane 1,4-dichlorobenzene และ 1,2,3-trimethylbenzene จากการเปรียบเทียบปริมาณสาร VOCs แต่ละชนิดในทุกเขตที่ทำการศึกษาเมื่อเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงของสารในช่วงหนึ่งสัปดาห์ระหว่าง บริเวณที่พักอาศัยที่อยู่ริมถนน (roadside) และในพื้นที่ทั่วไป (non-roadside) พบว่า สาร VOCs ทุกชนิด มีความสัมพันธ์ที่คล้ายกันคือ ภายนอกอาคาร-RD มากกว่า ภายนอกอาคาร-NR ภายในอาคาร-RD มากกว่า ภายในอาคาร-NR และ บุคคลได้รับสัมผัส-RD มากกว่า บุคคลได้รับ

สัมผัส-NR ยกเว้น สาร limonene ที่พบว่า พื้นที่ทั่วไป (non-roadside) มากกว่า บริเวณที่พักอาศัยที่อยู่ริมถนน (roadside) จากการเก็บตัวอย่างทั้งสามลักษณะ จากผลดังที่กล่าวข้างต้นนั้น ทำให้เราทราบว่า สาร VOCs ที่พบส่วนใหญ่มาจากรถยนต์เป็นหลัก

จากการศึกษาปริมาณสาร VOCs แต่ละชนิดในทุกเขตที่ทำการศึกษามีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงในช่วงหนึ่งสัปดาห์ที่คล้ายกันในแต่ละพื้นที่ ดังนั้นจึงนำเอาปัจจัยที่เกี่ยวข้องที่จะส่งผลให้ปริมาณสาร VOCs ในช่วงหนึ่งสัปดาห์แตกต่างกัน เช่น สภาพทางอุตุนิยมวิทยา ซึ่งจากการนำข้อมูลที่ได้จากทุกสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศที่มีการตรวจวัดสภาพทางอุตุนิยม รวมทั้งสิ้น 8 สถานี ซึ่งมีเพียง 4 สถานีที่ใกล้กับจุดเก็บตัวอย่างคือ สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศดินแดงใกล้กับเขตราชเทวี สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศโรงเรียนบดินเดชาใกล้กับเขตบางกะปิ สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศจันทร์เกษมใกล้กับเขตจตุจักร และสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศธนบุรีใกล้กับเขตบางกอกน้อย จึงได้นำข้อมูลทางอุตุนิยมวิทยาจากทั้ง 8 สถานีมาเฉลี่ยเพื่อให้เป็นตัวแทนสภาพทางอุตุนิยมวิทยาในเขตกรุงเทพมหานคร พบว่าสภาพทางอุตุนิยมวิทยาไม่แตกต่างกันมากนักในแต่ละวัน ดังตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.7 สภาพทางอุตุนิยมวิทยาในเขตกรุงเทพมหานครในช่วงหนึ่งสัปดาห์ ระหว่างวันที่ 20 ถึง 27 กรกฎาคม 2548

วันที่	Glob rad	Pressure(mmHg)	Rel hum(%RH)	Temp(^{o}C)	Wind dir(Deg.M)	Wind speed (m/s)
20/07/48	117.29 (113.21, 119.42)	758.58 (757.45, 759.32)	64.25 (62.46, 65.12)	32.0 (31.50, 32.5)	227.82 (226.16, 228.54)	0.663 (0.596, 0.712)
21/07/48	115.04 (112.32, 118.87)	758.08 (757.12, 759.56)	61.25 (60.56, 61.98)	31.77 (31.5, 32.9)	229.70 (228.5, 231.2)	0.768 (0.697, 0.816)
22/07/48	114.75 (112.11, 116.59)	757.29 (756.56, 757.98)	64.41 (62.59, 65.18)	31.30 (30.9, 32.0)	225.10 (224.56, 226.43)	0.719 (0.659, 0.812)
23/07/48	115.93 (112.68, 118.44)	757.33 (755.54, 759.12)	75.37 (73.56, 76.95)	31.87 (31.5, 32.50	226.91 (225.15, 228.54)	0.565 (0.515, 0.604)
24/07/48	115.79 (112.36, 118.86)	757.41 (756.17, 759.65)	76.33 (75.11, 77.88)	31.71 (31.4, 32.5)	224.23 (223.56, 226.10)	0.516 (0.487, 0.612)
25/07/48	110.34 (110.12, 111.36)	757.08 (755.65, 758.89)	73.79 (72.24, 74.68)	29.95 (29.5, 31.0)	227.24 (225.55, 228.21)	0.569 (0.515, 0.614)
26/07/48	122.16 (119.98, 123.10)	757.69 (755.45, 759.16)	68.04 (67.46, 69.78)	32.25 (31.1, 33.5)	224.71 (222.86, 225.45)	0.743 (0.615, 0.798)
27/07/48	119.50 (117.86, 120.12)	757.50 (755.23, 759.45)	67.87 (66.66, 69.46)	32.16 (31.6, 32.5)	226.88 (225.42, 228.12)	0.630 (0.569, 0.697)

ที่มา: ดัดแปลงมาจากกรมควบคุมมลพิษ, 2548

จากตารางที่ 4.7 สภาพทางอุตุนิยมวิทยาในเขตกรุงเทพมหานครในช่วงหนึ่งสัปดาห์ ระหว่างวันที่ 20 ถึง 27 กรกฎาคม 2548 นั้นมีค่าไม่ต่างกันมากนักในแต่ละวัน ดังนั้นปริมาณการรับสัมผัสสาร VOCs ในแต่ละวันจากการศึกษาในครั้งนี้สภาพทางอุตุนิยมวิทยาจึงไม่น่าจะมีผลกับปริมาณ VOCs ในแต่ละพื้นที่

4.2.3 การเปรียบเทียบปริมาณความเข้มข้นของสาร VOCs แต่ละชนิดในเขตกรุงเทพมหานคร

จากการเก็บตัวอย่างสาร VOCs ทั้งสามลักษณะที่บริเวณที่พักอาศัย 18 หลัง ในเขตเมือง (urban) ของกรุงเทพมหานคร เป็นเวลา 7 วัน ได้นำผลปริมาณ VOCs แต่ละชนิด ของทุกพื้นที่ศึกษามาเปรียบเทียบกัน ดังภาพที่ 4.12-4.20 และทดสอบความแตกต่างค่าเฉลี่ยของข้อมูลปริมาณความเข้มข้น VOCs แต่ละชนิด ได้แก่ Benzene Toluene Ethylbenzene m,p,o-Xylene 3-Ethyltoluene 4-Ethyltoluene 1,3,5-Trimethylbenzene Decane 1,2,4-Trimethylbenzene 1,4-Dichlorobenzene 1,2,3,-Trimethylbenzne และ Limonene ด้วยวิธี compaired mean one way ANOVA โดยทดสอบที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % (หรือที่ p-value = 0.05) ภายใต้สมมติฐานดังนี้

H_0: ค่าเฉลี่ยปริมาณความเข้มข้นของ VOCs แต่ละชนิด ทั้ง 9 พื้นที่ ไม่แตกต่างกัน

H_1: ค่าเฉลี่ยปริมาณความเข้มข้นของ VOCs แต่ละชนิด ทั้ง 9 พื้นที่ แตกต่างกัน

จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรม SPSS for window (ดังแสดงในภาคผนวก ค) พบว่าความน่าจะเป็นที่ใช้ทดสอบสมมติฐานที่โปรแกรมคำนวณได้ของปริมาณความเข้มข้น VOCs แต่ละชนิด ทั้ง 9 พื้นที่ คือปฏิเสธสมมติฐาน H_0 ยอมรับสมมติฐาน H_1 โดยมีรายละเอียดความแตกต่างของ VOCs แต่ละชนิด ในทุกพื้นที่ศึกษา ดังนี้

4.2.3.1 Benzene

ปริมาณ Benzene บริเวณที่พักอาศัยที่อยู่ริมถนน (roadside) จากการเก็บตัวอย่างทั้ง 9 พื้นที่ พบว่า ภายนอกอาคารที่พักอาศัย มีปริมาณสูงสุดที่ 80.7 $\mu g/m^3$ ใน พื้นที่ถนนสุขุมวิท และต่ำสุด 72.0 $\mu g/m^3$ ในพื้นที่ถนนเพชรเกษม และศรีนครินทร์ สำหรับภายในอาคารที่พักอาศัย มีปริมาณสูงสุด 67.0 $\mu g/m^3$ ในพื้นที่ถนนรามอินทรา และต่ำสุด 32.9$\mu g/m^3$ ในพื้นที่ถนนศรีนครินทร์ และบุคคลได้รับสัมผัสมีปริมาณสูงสุด 33.0 $\mu g/m^3$ ในพื้นที่ถนนรามอินทรา และต่ำสุด 22.3$\mu g/m^3$ ในพื้นที่ถนนสุขุมวิท

สำหรับปริมาณ Benzene ในพื้นที่ทั่วไป (non-roadside) ภายนอกอาคารที่พักอาศัยมีปริมาณสูงสุดที่ 56.4 $\mu g/m^3$ในพื้นที่ถนนสุขุมวิท และต่ำสุด 31.1$\mu g/m^3$ ในพื้นที่ถนนเพชรเกษม ภายในอาคารที่พักอาศัย มีปริมาณสูงสุด 29.7 $\mu g/m^3$ ในพื้นที่ถนนลาดพร้าว และต่ำสุด 19.9 $\mu g/m^3$ ในพื้นที่ถนนพระราม 3 และบุคคลได้รับสัมผัส มีปริมาณสูงสุดที่ 25.0 $\mu g/m^3$ ในพื้นที่ถนนพหลโยธิน และต่ำ

สุด 16.1 μg/m^3 ในพื้นที่ พระราม3 รายละเอียดเปรียบเทียบปริมาณ Benzene ในแต่ละพื้นที่ ดังตารางที่ 4.8 และ ภาพที่ 4.12

จากการทดสอบความแตกต่างค่าเฉลี่ยของข้อมูลปริมาณความเข้มข้น Benzene ทั้ง 9 พื้นที่ ในบริเวณที่พักอาศัยที่อยู่ริมถนน (roadside) และบริเวณที่พักอาศัยพื้นที่ทั่วไป (non-roadside) พบว่า

1) บริเวณที่พักอาศัยที่อยู่ริมถนน (roadside) พบปริมาณ Benzene จากการเก็บตัวอย่างทั้ง 9 พื้นที่ โดยแบ่งตามลักษณะเก็บตัวอย่าง ดังนี้

1.1) ภายนอกอาคารที่พักอาศัย (outdoor)

บริเวณภายนอกอาคารที่พักอาศัยทั้ง 9 พื้นที่มีค่าเฉลี่ยของปริมาณ Benzene อยู่ในช่วงตั้งแต่ 72-80.7 μg/m^3 จากการทดสอบความแตกต่างค่าเฉลี่ยของข้อมูลปริมาณความเข้มข้น Benzene ภายนอกอาคารที่พักอาศัย พบว่า $SK^{a} > PT^{a} > PY^{a} > RT^{a} > LP^{ae} > PR^{ac} > JW^{bce} > PK^{bce} = SR^{bce}$

1.2) ภายในอาคารที่พักอาศัย (indoor)

บริเวณภายในอาคารที่พักอาศัยทั้ง 9 พื้นที่มีค่าเฉลี่ยของปริมาณ Benzene อยู่ในช่วงตั้งแต่ 32.9-67.0 μg/m^3 จากการทดสอบความแตกต่างค่าเฉลี่ยของข้อมูลปริมาณความเข้มข้น Benzene ภายในอาคารที่พักอาศัย พบว่า $RT^{d} > LP^{b} > PT^{b} > PY^{b} > JW^{a} > PR^{a} > PK^{a} > SK^{ac} > SR^{c}$

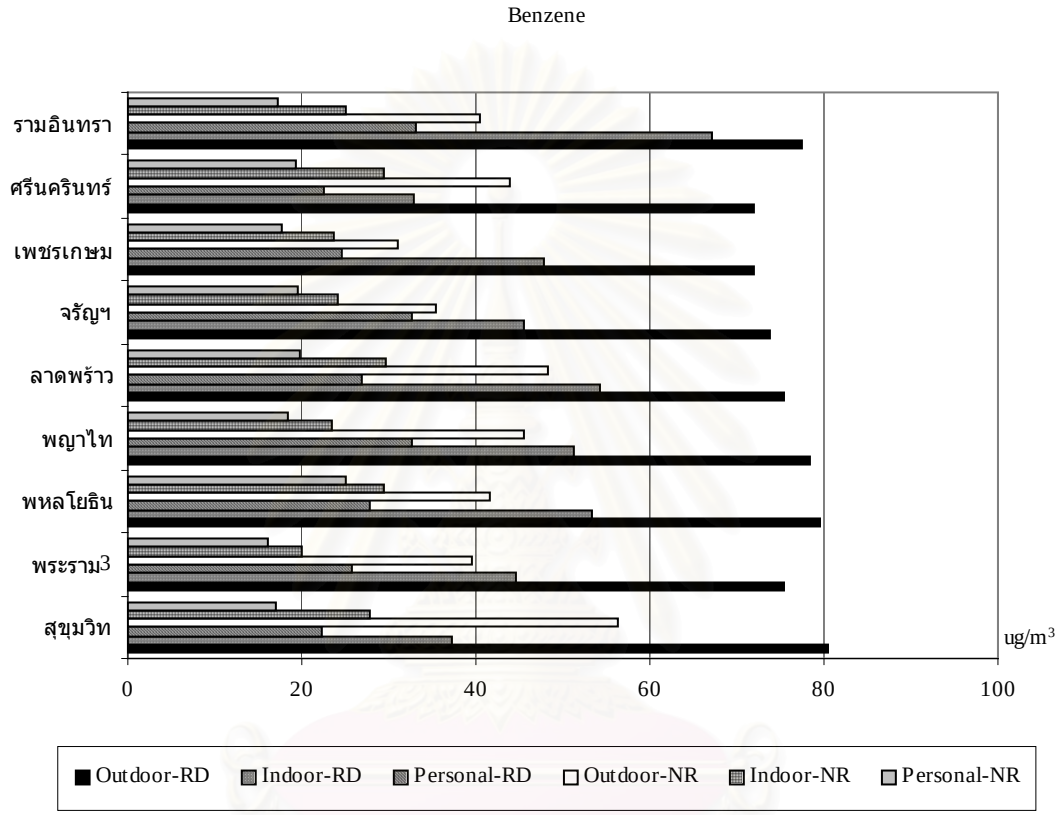
ตารางที่ 4.8 ปริมาณเฉลี่ยของ Benzene บริเวณที่พักอาศัยที่อยู่ริมถนน (roadside) และพื้นที่ทั่วไป (non-roadside) ใน 9 พื้นที่ในเขตกรุงเทพมหานคร(μg/m^3)

พื้นที่ศึกษา	Roadside (RD)			Non-Roadside (NR)		
	outdoor	indoor	personal	outdoor	indoor	personal
พระโขนง (SK)	80.7^{a}	37.3^{ac}	22.3^{a}	56.4^{a}	27.7^{ae}	17.0^{ac}
ยานนาวา (PR)	75.3^{ac}	44.7^{a}	25.7^{bd}	39.4^{bce}	19.9^{bc}	16.1^{a}
จตุจักร (PT)	79.5^{a}	53.4^{b}	27.9^{b}	41.6^{c}	29.5^{de}	25.0^{b}
ราชเทวี (PY)	78.4^{a}	51.2^{b}	32.7^{c}	45.5^{acd}	23.5^{ac}	18.4^{ac}
บางกะปิ (LP)	75.5^{ae}	54.3^{b}	27.0^{bd}	48.3^{abf}	29.7^{e}	19.8^{c}
บางกอกน้อย (JW)	73.9^{bce}	45.5^{a}	32.7^{c}	35.3^{de}	24.1^{af}	19.5^{c}
บางแค (PK)	72.0^{bce}	43.5^{a}	24.5^{ade}	31.1^{e}	23.8^{ac}	17.7^{ac}
ประเวศ (SR)	72.0^{bce}	32.9^{c}	22.6^{ae}	43.9^{cf}	29.5^{ef}	19.4^{ac}
คันนายาว (RT)	77.4^{a}	67.0^{d}	33.0^{c}	40.6^{cd}	25.1^{adf}	17.1^{ac}
ค่าเฉลี่ยทั้งหมด	76.1	47.8	27.6	42.5	25.9	18.9

หมายเหตุ : ตัวอักษรที่มุมขวาด้านบนที่ต่างกัน หมายถึง มีความแตกต่างกันของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญที่ความเชื่อมั่น 95 %

1.3) บุคคลได้รับสัมผัส (personal)

การรับสัมผัสของบุคคลทั่วไปในที่พักอาศัยทั้ง 9 พื้นที่มีค่าเฉลี่ยของปริมาณ Benzene อยู่ในช่วงตั้งแต่ 22.3-33.0 $\mu g/m^3$ จากการทดสอบความแตกต่างค่าเฉลี่ยของข้อมูลปริมาณความเข้มข้น Benzene ที่บุคคลได้รับสัมผัส พบว่า $RT^{c} > PY^{c} = JW^{c} > PT^{b} > LP^{bd} > PR^{bd} > PK^{ade} > SR^{e} > SK^{a}$



ภาพที่ 4.12 ปริมาณเฉลี่ยของ Benzene ที่ตรวจพบใน 9 พื้นที่ศึกษาในเขตกรุงเทพมหานคร

จากการเปรียบเทียบปริมาณค่าเฉลี่ย Benzene ทั้ง 9 พื้นที่ นั้นเราจะเห็นว่าที่บริเวณภายนอกอาคาร พบปริมาณสูงสุดที่ ถนนสุขุมวิท แต่ indoor และ personal นั้นไม่ได้มีแนวโน้มไปในทางเดียวกัน เนื่องจากลักษณะที่พักอาศัยในแต่ละจุดมีปัจจัยในการควบคุมการแพร่กระจายจาก outdoor เข้าสู่ indoor ต่างกัน ซึ่งในถนนสุขุมวิท และถนนศรีนครินทร์ นั้นที่พักอาศัยจะมีลักษณะปิดและภายในติดเครื่องปรับอากาศ ทำให้ indoor และ personal ใน 2 พื้นที่นี้มีปริมาณที่ต่ำ ซึ่งต่างจากพื้นที่อื่นๆที่อาคารเปิดโล่ง โดยเฉพาะอย่างยิ่งที่ถนนรามอินทรา ที่เป็นที่พักอาศัยแบบเปิดโล่ง มีการถ่ายเทอากาศจากภายนอกสู่ภายในอาคารโดยตรง และจากการบันทึกเวลาในการทำกิจกรรม (Time activity/Diary) นั้นทำให้ทราบว่าที่รามอินทราจะเปิดร้านตั้งแต่ 05.00 - 21.00 น. ทุกวัน ดังนั้นจึงทำให้ปริมาณ Benzene ทั้งใน indoor และ personal มีปริมาณที่สูงกว่าในพื้นที่อื่นๆ จากการเปรียบเทียบพบปริมาณใน outdoor

> indoor > personal ในทุกพื้นที่ศึกษา ดังนั้นจึงทำให้เราทราบว่าสารส่วนใหญ่แพร่ผ่านจากภายนอกอาคารไปสู่ภายในอาคาร ซึ่งถือว่าเป็นแหล่งกำเนิดหลักของสาร VOCs ที่ปรากฏภายในอาคารและที่คนจะได้รับสัมผัส

2) บริเวณที่พักอาศัยพื้นที่ทั่วไป (non-roadside) พบปริมาณ Benzene จากการเก็บตัวอย่างทั้ง 9 พื้นที่ จากการเปรียบเทียบความแตกต่างกัน ของแต่ละพื้นที่ โดยแบ่งตามลักษณะเก็บตัวอย่างดังนี้

2.1) ภายนอกอาคารที่พักอาศัย (outdoor)

บริเวณภายนอกอาคารที่พักอาศัยทั้ง 9 พื้นที่มีค่าเฉลี่ยของปริมาณ Benzene อยู่ในช่วงตั้งแต่ 31.1-56.4 $\mu g/m^3$จากการทดสอบความแตกต่างค่าเฉลี่ยของข้อมูลปริมาณความเข้มข้น Benzene ภายนอกอาคารที่พักอาศัย พบว่า $SK^{a} > LP^{abf} > PY^{acd} > SR^{cf} > PT^{c} > RT^{cd} > PR^{bce} > JW^{de} > PK^{e}$

2.2) ภายในอาคารที่พักอาศัย (indoor)

บริเวณภายในอาคารที่พักอาศัยทั้ง 9 พื้นที่มีค่าเฉลี่ยของปริมาณ Benzene อยู่ในช่วงตั้งแต่ 19.9-29.7 $\mu g/m^3$จากการทดสอบความแตกต่างค่าเฉลี่ยของข้อมูลปริมาณความเข้มข้น Benzene ภายในอาคารที่พักอาศัย พบว่า $LP^{e} > PT^{de} = SR^{ef} > SK^{ae} > RT^{adf} > JW^{af} > PK^{ac} > PY^{ac} > PR^{bc}$

2.3) บุคคลได้รับสัมผัส (personal)

การรับสัมผัสสาร Benzene ของบุคคลทั่วไปในที่พักอาศัยทั้ง 9 พื้นที่มีค่าเฉลี่ยของปริมาณ Benzene อยู่ในช่วงตั้งแต่ 16.1-25.0 $\mu g/m^3$จากการทดสอบความแตกต่างค่าเฉลี่ยของข้อมูลปริมาณความเข้มข้น Benzene ที่บุคคลได้รับสัมผัส พบว่า $PT^{b} > LP^{c} > JW^{c} > SR^{ac} > PY^{ac} > PK^{ac} > RT^{ac} > SK^{ac} > PR^{a}$

จากการเปรียบเทียบพบปริมาณสารใน outdoor > indoor > personal ในทุกพื้นที่ศึกษา ดังนั้นจึงทำให้เราทราบว่าแหล่งกำเนิดของสาร Benzene มาจากรถยนต์เป็นหลักแต่อย่างไรก็ตามปริมาณในแต่ละที่นั้นไม่ได้มีแนวโน้มความสัมพันธ์ไปในทิศทางเดียวกันในทั้ง 3 ลักษณะเนื่องมาจากปัจจัยด้านลักษณะบ้านและกิจกรรมต่างๆที่แตกต่างกัน

จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของปริมาณ Benzene ทั้ง 9 พื้น จะเห็นว่าพบปริมาณใน outdoor, indoor และ personal นั้นไม่ได้มีความสัมพันธ์ในทางเดียวกัน เนื่องจากลักษณะที่พักอาศัยในแต่ละจุดจะมีปัจจัยในการควบคุมการแพร่กระจายจาก outdoor เข้าสู่ indoor ต่างกัน และในแต่ละพื้นที่มีลักษณะกิจกรรมแตกต่างกันไป ซึ่งถือเป็นปัจจัยที่ไม่สามารถควบคุมได้

จากตารางที่ 4.8 จะเห็นว่าในเขตกรุงเทพมหานครมีปริมาณ Benzene เฉลี่ยภายนอกอาคารเท่ากับ 76.1 $\mu g/m^3$ สำหรับบริเวณที่พักอาศัยที่อยู่ริมถนน (roadside) และ 42.5 $\mu g/m^3$สำหรับบริเวณที่พักอาศัยพื้นที่ทั่วไป (non-roadside) ซึ่งจากการศึกษาของ Ivan และ Christopher (1997) ที่ศึกษาในเขตกรุงเทพมหานคร แต่ไม่ได้ระบุจุดเก็บตัวอย่าง พบปริมาณ Benzene อยู่ในช่วง 3.4-35 $\mu g/m^3$ ซึ่งค่าที่ได้นั้นต่ำกว่าที่พบในการศึกษานี้ และจากการศึกษาของ วรรณา และคณะ (2545) ที่ศึกษา

ในเขตกรุงเทพมหานคร ซึ่งมีจุดเก็บตัวอย่าง 4 จุด คือ รัชโยธิน อนุเสาวรีย์ชัยสมรภูมิ สีลม และเยาวราช พบปริมาณ Benzene เฉลี่ยเท่ากับ 73.9 85.3 244.9 และ 180.2 $\mu g/m^3$ ตามลำดับ พบว่าปริมาณ Benzene เฉลี่ยภายนอกอาคารที่ได้จากการศึกษาครั้งนี้มีค่าใกล้เคียงกับที่ตรวจวัดที่รัชโยธิน แต่ต่ำกว่าที่อนุเสาวรีย์ชัยสมรภูมิ สีลม และเยาวราช ซึ่งจุดเก็บเหล่านี้พบปริมาณสาร Benzene มากกว่าการศึกษาของ Ivan และ Christopher ด้วย แสดงในตารางที่ 4.22

จากการศึกษาของต่างประเทศในเขตเมืองแถบภูมิภาคเอเชียของ Ivan และ Christopher (1997) ที่ศึกษาในกรุงมะนิลา ประเทศฟิลิปปินส์ พบปริมาณ Benzene อยู่ในช่วง ND-47.5 $\mu g/m^3$ ซึ่งค่าที่ได้นั้นใกล้เคียงกับในบริเวณที่พักอาศัยพื้นที่ทั่วไป (non-roadside) แต่ต่ำกว่าบริเวณ พื้นที่ริมถนนของกรุงเทพมหานคร และ การศึกษาของ Son และคณะ (2003) ที่ศึกษาในเมือง Seol ประเทศเกาหลี พบปริมาณ Benzene 39.81 $\mu g/m^3$ ต่ำกว่าที่พบในเขตกรุงเทพมหานครจากการศึกษาครั้งนี้ นอกจากนี้ละตินอเมริกา เมือง Caracas ประเทศเวเนซูเอลา Quito ประเทศเอควาดอร์ Santiago ประเทศชิลี และSao Paulo ประเทศบราซิล พบปริมาณ Benzen เฉลี่ย 3.6-43.9 1.2-10.4 7.4-40.4 และ 5.0-29.6 $\mu g/m^3$ ตามลำดับ พบว่าปริมาณ Benzene เฉลี่ยภายนอกอาคารบริเวณที่พักอาศัยในพื้นที่ทั่วไป (non-roadside) ต่ำกว่าปริมาณที่ได้ในบริเวณที่พักอาศัยที่อยู่ริมถนน (roadside) (Ivan และ Christopher, 1997) จากการศึกษาในประเทศคูเวต โดย Walid และคณะ (1996) นั้น พบปริมาณ Benzene มีค่าสูงมาก คือ 1805 $\mu g/m^3$ ซึ่งสูงกว่า ที่ตรวจพบในการศึกษาครั้งนี้ และรายละเอียดตารางเปรียบเทียบปริมาณ Benzene ในเขตเมืองต่างๆ แสดงในตารางที่ 4.23

บริเวณภายในอาคารที่พักอาศัยในเขตกรุงเทพมหานครมีปริมาณ Benzene เท่ากับ 47.8 $\mu g/m^3$สำหรับบริเวณที่พักอาศัยที่อยู่ริมถนน (roadside) และ 25.9 $\mu g/m^3$ในบริเวณที่พักอาศัยพื้นที่ทั่วไป (non-roadside) ซึ่งจากการศึกษาโดย Son และคณะ (2003) ศึกษาในเมือง Seol และ Asan ประเทศเกาหลี พบปริมาณ Benzene เฉลี่ยภายในอาคารบริเวณ roadside 43.7 และ 20.3 $\mu g/m^3$ ตามลำดับ ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับที่ตรวจวัดในการศึกษานี้ และจากการศึกษาในเมือง Helsinki ประเทศฟินแลนด์ ของ Kostiainen (1995) และ Edwards และคณะ (2001) พบปริมาณ Benzene เฉลี่ย 4.9 และ 1.7 $\mu g/m^3$ ตามลำดับ ซึ่งค่าที่ได้ต่ำกว่าการศึกษาทั้งใน roadside และ non-roadside เช่นกัน และรายละเอียดตารางเปรียบเทียบความแตกต่างในตารางที่ 4.24

ปริมาณการรับสัมผัสสาร Benzene ที่ตัวบุคคลที่อาศัยในเขตกรุงเทพมหานครพบค่าเฉลี่ยเท่ากับ 27.6 $\mu g/m^3$ สำหรับบริเวณที่พักอาศัยที่อยู่ริมถนน (roadside) และ 18.9 $\mu g/m^3$ สำหรับบริเวณที่พักอาศัยพื้นที่ทั่วไป (non-roadside) ซึ่งจากขอบเขตการศึกษาในครั้งนี้ได้ลดปัจจัยของกิจกรรมที่แตกต่างกันของผู้ร่วมเก็บตัวอย่างระหว่างวันโดยกำหนดตัวบุคคลที่รับสัมผัสมีกิจกรรมอยู่ภายในบ้าน ไม่มีการเดินทางไปมาระหว่างบ้านกับที่ทำงาน ซึ่งในการรับสัมผัสในลักษณะนี้ยังไม่พบการศึกษาและสามารถนำไปเปรียบเทียบได้โดยตรง แต่พบว่ามีการศึกษาการรับสัมผัสของคนที่มีการทำกิจกรรมภายนอกที่พักอาศัยโดยเดินทางไปมาระหว่างบ้านกับที่ทำงาน จากการเปรียบเทียบการศึกษาของ Gee และ

Sollars (1998) ที่ศึกษาในเขตกรุงเทพมหานคร โดยไม่ได้ระบุจุดเก็บตัวอย่าง ปริมาณที่บุคคลได้รับสัมผัสมีค่าใกล้เคียงกับที่พบในบริเวณ non-roadside แต่มีปริมาณต่ำกว่า roadside 1.5 เท่า และจากการศึกษาในภูมิภาคเอเชียในหลายประเทศ อาทิเช่น การศึกษาในเมือง Seol ประเทศเกาหลี (Son และคณะ, 2003) พบปริมาณ Benzene ที่บุคคลได้รับสัมผัส พบว่าประชากรในเมือง Seol จะมีปริมาณการรับสัมผัสสารสูงกว่าประชากรในเขตกรุงเทพมหานครประมาณ 1.5 – 2 เท่า ทั้ง roadside และ non-roadside การศึกษาใน Manila ประเทศฟิลิปปินส์ (Gee และ Sollars, 1998) พบปริมาณ Benzene ที่บุคคลได้รับสัมผัสต่ำกว่า 1.5 - 2 เท่า เมื่อเปรียบเทียบกับการศึกษาในครั้งนี้ ซึ่งต่างจากการศึกษาที่พบใน Taipei ประเทศไต้หวัน (Chan และคณะ, 1994) โดยพบปริมาณ Benzene จากการรับสัมผัสของตัวบุคคลสูงกว่า 6–8 เท่าเมื่อเปรียบเทียบกับการศึกษานี้และจากการศึกษาในประเทศอเมริกาและละตินอเมริกา (Gee และ Sollars, 1998) ในเขตเมือง Caracas ประเทศเวเนซูเอล Quito ประเทศเอควาดอร์ Santiago ประเทศชิลี และSao Paulo ประเทศบราซิล พบปริมาณ Benzene เฉลี่ยที่บุคคลได้รับต่ำกว่าในเขตกรุงเทพมหานคร 1–5.5 เท่าและจากการศึกษาของ Ortiz และคณะ(2001)ในประเทศเม็กซิโกพบปริมาณ Benzene ที่บุคคลได้รับสัมผัสต่ำกว่า การศึกษาในครั้งนี้ 1.5 - 2 เท่า และการรับสัมผัสในของบุคคลในประเทศอเมริกาที่ศึกษาโดย Chan และคณะ (1992) พบปริมาณ Benzene จากการรับสัมผัสของตัวบุคคลใกล้เคียงกับการศึกษาในครั้งนี้ รายละเอียดดังตาราง 4.25 และ 4.26

4.2.3.2 Toluene

ปริมาณ Toluene บริเวณที่พักอาศัยที่อยู่ริมถนน (roadside) จากการเก็บตัวอย่างทั้ง 9 พื้นที่ พบว่า ภายนอกอาคารที่พักอาศัย มีปริมาณสูงสุดที่ 226.9 $\mu g/m^3$ ใน พื้นที่ถนนสุขุมวิท และต่ำสุด 201.9 $\mu g/m^3$ ในพื้นที่ถนนพญาไท ภายในอาคารที่พักอาศัย มีปริมาณสูงสุด 183.3 $\mu g/m^3$ ในพื้นที่ถนนพหลโยธิน และต่ำสุด 93.5 $\mu g/m^3$ ในพื้นที่ถนนสุขุมวิท และบุคคลได้รับสัมผัส มีปริมาณสูงสุด 104.4 $\mu g/m^3$ ในพื้นที่ถนนรามอินทรา และต่ำสุด 49.1 $\mu g/m^3$ ในพื้นที่ถนนสุขุมวิท

สำหรับปริมาณ Toluene พื้นที่ทั่วไป (non-roadside) ภายนอกอาคารที่พักอาศัยมีปริมาณสูงสุดที่ 164.3 $\mu g/m^3$ ในพื้นที่ถนนสุขุมวิท และต่ำสุด 111.3 $\mu g/m^3$ ในพื้นที่ ถนนจรัญสนิทวงศ์ ภายในอาคารที่พักอาศัย มีปริมาณสูงสุด 132.0 $\mu g/m^3$ ในพื้นที่ถนนพญาไท และต่ำสุด 75.2 $\mu g/m^3$ ในพื้นที่ถนนจรัญสนิทวงศ์ และบุคคลได้รับสัมผัส มีปริมาณสูงสุดที่ 61.8 $\mu g/m^3$ ในพื้นที่ศึกษาถนนพญาไทและถนนรามอินทรา และต่ำสุด 49.3 $\mu g/m^3$ ในพื้นที่ถนนสุขุมวิท รายละเอียดเปรียบเทียบปริมาณ Toluene ในแต่ละพื้นที่ ดังตารางที่ 4.9 และ ภาพที่ 4.13

จากการทดสอบความแตกต่างค่าเฉลี่ยของข้อมูลปริมาณความเข้มข้น Toluene ทั้ง 9 พื้นที่ในบริเวณที่พักอาศัยที่อยู่ริมถนน (roadside) และบริเวณที่พักอาศัยพื้นที่ทั่วไป (non-roadside) พบว่า

1) บริเวณที่พักอาศัยที่อยู่ริมถนน (roadside) พบปริมาณ Toluene จากการเก็บตัวอย่างทั้ง 9 พื้นที่ โดยแบ่งตามลักษณะเก็บตัวอย่าง ดังนี้

1.1) ภายนอกอาคารที่พักอาศัย (outdoor)

บริเวณภายนอกอาคารที่พักอาศัยทั้ง 9 พื้นที่มีค่าเฉลี่ยของปริมาณ Toluene อยู่ในช่วงตั้งแต่ 201.9-227.4 $\mu g/m^3$จากการทดสอบความแตกต่างค่าเฉลี่ยของข้อมูลปริมาณความเข้มข้น Toluene ภายนอกอาคารที่พักอาศัย พบว่า $SK^{a} > PT^{ad} > SR^{ace} > PR^{ace} > LP^{acf} > JW^{bcd} = RT^{bcd} > PK^{bcdf} > PY^{ef}$

1.2) ภายในอาคารที่พักอาศัย (indoor)

บริเวณภายในอาคารที่พักอาศัยทั้ง 9 พื้นที่มีค่าเฉลี่ยของปริมาณ Toluene อยู่ในช่วงตั้งแต่ 93.5-183.3 $\mu g/m^3$ จากการทดสอบความแตกต่างค่าเฉลี่ยของข้อมูลปริมาณความเข้มข้น Toluene ภายในอาคารที่พักอาศัย พบว่า $PT^{d} > PR^{bd} > RT^{bd} > JW^{be} > LP^{e} > PY^{c} > PK^{cf} > SR^{af} > SK^{a}$

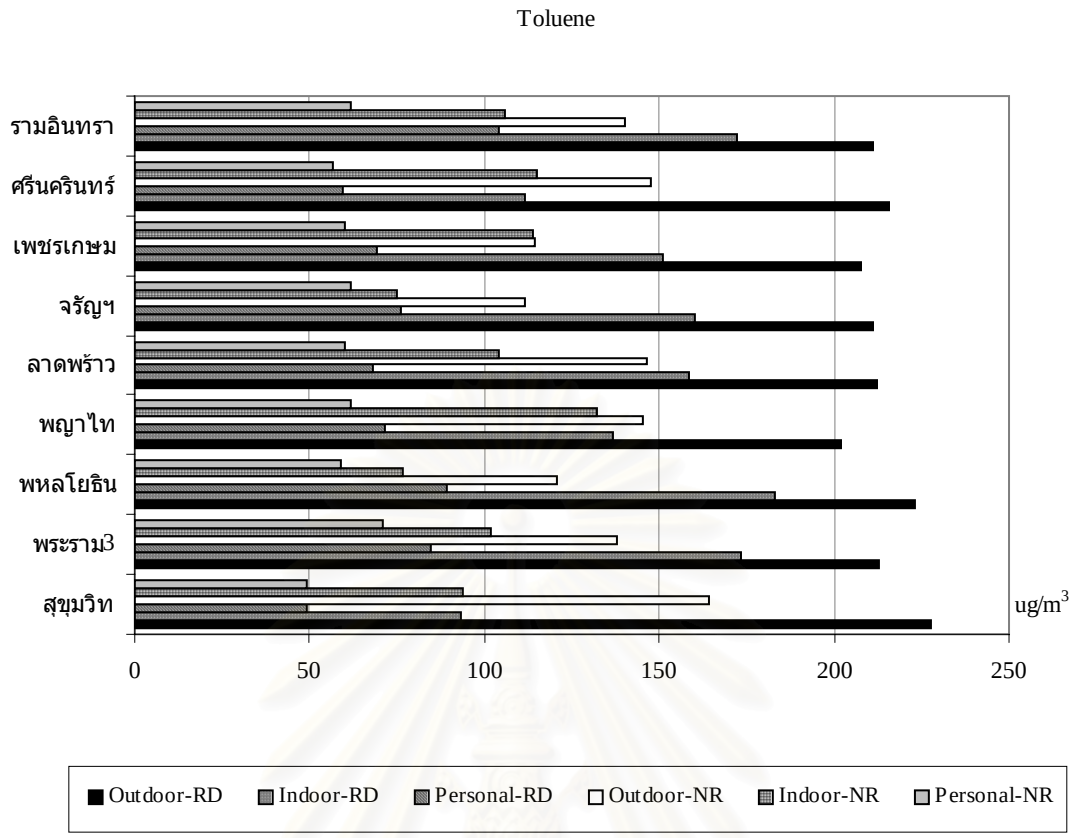
1.3) บุคคลได้รับสัมผัส (personal)

การรับสัมผัสของบุคคลทั่วไปใน ที่พักอาศัยทั้ง 9 พื้นที่มีค่าเฉลี่ยของปริมาณ Toluene อยู่ในช่วงตั้งแต่ 49.1-104.4 $\mu g/m^3$ จากการทดสอบความแตกต่างค่าเฉลี่ยของข้อมูลปริมาณความเข้มข้น Toluene ที่บุคคลได้รับสัมผัส พบว่า $RT^{c} > PT^{d} > PR^{bd} > JW^{def} > PY^{e} > PK^{ef} > LP^{bef} > SR^{af} > SK^{a}$

ตารางที่ 4.9 ปริมาณ Toluene บริเวณที่พักอาศัยที่อยู่ริมถนน (roadside) และพื้นที่ทั่วไป (non-roadside) ใน 9 พื้นที่ในเขตกรุงเทพมหานคร($\mu g/m^3$)

พื้นที่ศึกษา	Roadside (RD)			Non-Roadside (NR)		
	outdoor	indoor	personal	outdoor	indoor	personal
พระโขนง (SK)	227.4^{a}	93.5^{a}	49.1^{a}	164.3^{a}	93.8^{acd}	49.3^{ab}
ยานนาวา (PR)	212.7^{ace}	173.6^{bd}	84.8^{bd}	137.9^{b}	102.0^{a}	71.1^{a}
จตุจักร (PT)	223.1^{ad}	183.3^{d}	89.5^{d}	120.9^{c}	76.6^{c}	59.1^{b}
ราชเทวี (PY)	201.9^{ef}	136.7^{c}	71.4^{e}	145.6^{ab}	132.0^{a}	61.8^{ab}
บางกะปิ (LP)	212.3^{acf}	158.4^{e}	68.0^{bef}	146.5^{ab}	104.3^{a}	60.0^{b}
บางกอกน้อย (JW)	211.3^{bcd}	160.4^{be}	75.9^{def}	111.3^{c}	75.2^{c}	62.0^{ab}
บางแค (PK)	207.7^{bcdf}	129.4^{cf}	69.1^{ef}	114.7^{c}	114.1^{ad}	60.0b
ประเวศ (SR)	215.7^{ace}	111.5^{af}	59.3^{af}	147.8^{ab}	115.2^{d}	56.6^{b}
คันนายาว (RT)	211.2^{bcd}	172.1^{bd}	104.4^{c}	140.0^{b}	105.8^{a}	61.8^{ab}
ค่าเฉลี่ยทั้งหมด	213.7	146.5	74.6	136.6	102.1	60.2

หมายเหตุ: ตัวอักษรที่มุมขวาด้านบนที่ต่างกัน หมายถึง มีความแตกต่างกันของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญที่ความเชื่อมั่น 95 %



ภาพที่ 4.13 ปริมาณเฉลี่ยของ Toluene ที่ตรวจพบใน 9 พื้นที่ศึกษาในเขตกรุงเทพมหานคร

จากการเปรียบเทียบปริมาณค่าเฉลี่ย Toluene ทั้ง 9 พื้นที่นั้นจะเห็นว่าพบปริมาณ outdoor สูงสุดที่ถนนสุขุมวิท แต่ indoor และ personal นั้นไม่ได้มีแนวโน้มไปในทางเดียวกันตามเหตุผลที่กล่าวแล้วสำหรับสาร Benzene และจากการเปรียบเทียบพบว่าปริมาณใน outdoor > indoor > personal ในทุกพื้นที่ศึกษา ดังนั้นจึงทำให้เราทราบว่าแหล่งกำเนิดหลักของ Toluene มาจากรถยนต์เป็นหลัก และจากการศึกษาพบปริมาณ Toluene ภายในอาคารที่พักอาศัย และที่บุคคลได้รับสัมผัสที่บริเวณถนนรามอินทราในปริมาณสูงซึ่งมีผลสอดคล้องกับสาร Benzene ส่วนที่ถนนสุขุมวิทพบปริมาณต่ำเช่นเดียวกับสาร Benzene เนื่องมาจากลักษณะบ้านบริเวณนี้เป็นแบบปิดทำให้สารแพร่กระจายจาก outdoor เข้าสู่บ้านนั้นได้น้อยกว่าบ้านที่เปิดโล่ง และจากการตอบแบบสอบถามทำให้ทราบว่ามีการใช้เครื่องปรับอากาศภายในบ้านด้วยจึงทำให้สารที่แพร่เข้าไปได้ในปริมาณน้อย และเกิดการระบายอากาศออกสู่ภายนอกจึงทำให้อากาศภายในบ้านมีปริมาณสารที่เจือจาง ดังนั้นผู้ที่พักอาศัยอยู่ในบ้านจึงได้รับสัมผัสสารในปริมาณที่ต่ำด้วย

2) บริเวณที่พักอาศัยพื้นที่ทั่วไป (non-roadside) พบปริมาณ Toluene จากการเก็บตัวอย่างทั้ง 9 พื้นที่ โดยแบ่งตามลักษณะเก็บตัวอย่าง ดังนี้

2.1) ภายนอกอาคารที่พักอาศัย (outdoor)

บริเวณภายนอกอาคารที่พักอาศัยทั้ง 9 พื้นที่มีค่าเฉลี่ยของปริมาณ Toluene อยู่ในช่วงตั้งแต่ 111.3-164.3 $\mu g/m^3$ จากการทดสอบความแตกต่างค่าเฉลี่ยของข้อมูลปริมาณความเข้มข้น Toluene ภายนอกอาคารที่พักอาศัย พบว่า $SK^a > SR^{ab} > LP^{ab} > PY^{ab} > RT^b > PR^b > PT^c > PK^c > JW^c$

2.2) ภายในอาคารที่พักอาศัย (indoor)

บริเวณภายในอาคารที่พักอาศัยทั้ง 9 พื้นที่มีค่าเฉลี่ยของปริมาณ Toluene อยู่ในช่วงตั้งแต่ 93.5-183.3 $\mu g/m^3$ จากการทดสอบความแตกต่างค่าเฉลี่ยของข้อมูลปริมาณความเข้มข้น Toluene ภายในอาคารที่พักอาศัย พบว่า $PY^a > SR^d > PK^{ad} > RT^a > LP^a > PR^a > SK^{acd} > PT^c > JW^c$

2.3) บุคคลได้รับสัมผัส (personal)

การรับสัมผัสของบุคคลทั่วไปในที่พักอาศัยทั้ง 9 พื้นที่มีค่าเฉลี่ยของปริมาณ Toluene อยู่ในช่วงตั้งแต่ 49.1-104.4 $\mu g/m^3$ จากการทดสอบความแตกต่างค่าเฉลี่ยของข้อมูลปริมาณความเข้มข้น Toluene ที่บุคคลได้รับสัมผัส พบว่า $PR^a > JW^{ab} > RT^{ab} = PY^{ab} > LP^b = PK^b > PT^b > SR^b > SK^{ab}$

จากการเปรียบเทียบพบปริมาณใน outdoor > indoor > personal ในทุกพื้นที่ศึกษา ดังนั้นจึงทำให้เราทราบว่าสารมาจากแหล่งกำเนิดรถยนต์เป็นหลัก แต่อย่างไรก็ตามปริมาณในแต่ละที่นั้นไม่ได้มีแนวโน้มความสัมพันธ์ไปในทิศทางเดียวกันในทั้งสามลักษณะนั้น เนื่องมาจากลักษณะบ้านและกิจกรรมต่างๆที่แตกต่างกัน

จากตารางที่ 4.9 นั้นจะเห็นว่าในเขตกรุงเทพมหานครมีปริมาณ Toluene เฉลี่ยภายนอกอาคารอยู่ที่ 213.7 $\mu g/m^3$ในบริเวณที่พักอาศัยที่อยู่ริมถนน (roadside) และ 136.6 $\mu g/m^3$ในบริเวณที่พักอาศัยพื้นที่ทั่วไป (non-roadside) ซึ่งจากการศึกษาของ Ivan และ Christopher (1997) ทำการศึกษาในเขตกรุงเทพมหานคร พบปริมาณ Toluene 28.9-559 $\mu g/m^3$ ซึ่งพบในช่วงกว้างมาก จึงทำให้ปริมาณที่พบจากการศึกษานี้อยู่ในช่วงที่ตรวจพบนี้ด้วย และจากการศึกษาของ วรรณา และคณะ (2545) ที่ศึกษาในเขตกรุงเทพมหานคร ซึ่งมีจุดเก็บตัวอย่าง 4 จุด คือ รัชโยธิน อนุเสาวรีย์ชัยสมรภูมิ สีลม และเยาวราช พบปริมาณ Toluene 307.1 307.1 613.1 745.1 $\mu g/m^3$ ตามลำดับ พบปริมาณ Toluene เฉลี่ยจากการศึกษาในครั้งนี้ต่ำกว่าค่าที่ได้จากทั้ง 4 จุดเก็บตัวอย่าง และพบปริมาณมากกว่าการศึกษาของ Ivan และ Christopher ด้วย เนื่องจากจุดเก็บตัวอย่างทั้ง 4 จุดนั้นมีกิจกรรมที่ก่อให้เกิดสาร Toluene มาจากหลากหลายกิจกรรมเช่นในจุดเก็บเยาวราชนั้นมีแหล่งกำเนิดสาร Toluene ทั้งจากรถยนต์ และจากการประกอบอาหารของร้านค้าบริเวณริมทางเท้าติดกับถนน ดังตารางที่ 4.22

จากการศึกษาของต่างประเทศในเขตเมืองในแถบภูมิภาคเอเชียของ Ivan L.และ Christopher (1997) ทำการศึกษาในมะนิลา ประเทศฟิลิปปินส์ พบปริมาณ Toluene 9.4-807 $\mu g/m^3$ ซึ่งค่าที่ได้นั้นเป็นช่วงกว้างมาก พบว่าปริมาณจากทั้ง 2 บริเวณนั้น มีค่าอยู่ในช่วงดียวกับการศึกษานี้ และการศึกษาของ Son และคณะ (2003) ศึกษาในเมือง Seol ประเทศเกาหลี พบปริมาณ Toluene 147.87 $\mu g/m^3$ ต่ำกว่าที่พบบริเวณ roadside แต่สูงกว่า บริเวณ non-roadside ที่ได้ทำการศึกษาในครั้งนี้ ซึ่งในละ

ตินอเมริกา Ivan และ Christopher (1997) ได้ศึกษาในเขตเมือง Caracas ประเทศเวเนซูเอลา Quito ประเทศเอควาดอร์ Santiago ประเทศชิลี และ Sao Paulo ประเทศบราซิล พบปริมาณ Toluene 14.8-56.2 2.5-89.4 9.6-54.9 และ 10.6-74.4 $\mu g/m^3$ ตามลำดับ พบว่าปริมาณ Toluene เฉลี่ยทั้ง 2 พื้นที่ในการศึกษาครั้งนี้มีค่าสูงกว่าในประเทศต่างๆที่ศึกษาในละตินอเมริกาเนื่องจากลักษณะบ้าน และภูมิประเทศที่ต่างกันกับการศึกษาในครั้งนี้มากรายละเอียดตารางเปรียบเทียบความแตกต่างดังตารางที่ 4.23

บริเวณภายในอาคารที่พักอาศัยในเขตกรุงเทพมหานครมีปริมาณ Toluene เท่ากับ 146.5 $\mu g/m^3$ สำหรับบริเวณที่พักอาศัยที่อยู่ริมถนน (roadside) และ 102.6 $\mu g/m^3$ สำหรับที่พักอาศัยพื้นที่ทั่วไป (non-roadside) ซึ่งจากการศึกษาโดย Son และคณะ (2003) ศึกษาในเมือง Seol ประเทศเกาหลี พบปริมาณ Toluene เฉลี่ยภายในอาคารบริเวณ roadside และ non-roadside 170.7 และ 18.1 $\mu g/m^3$ ตามลำดับ ซึ่งจากการตรวจวัดในการศึกษานี้มีค่าต่ำกว่าเมือง Seol และจากการศึกษาในเมือง Helsinki ประเทศฟินแลนด์ ของ Kostiainen (1995) และ Edward และคณะ (2001) พบปริมาณ Toluene เฉลี่ย 21.3 และ5.6 $\mu g/m^3$ ตามลำดับ ซึ่งค่าที่ได้ต่ำกว่าการศึกษาทั้งใน roadside และ non-roadside เช่นกัน เนื่องมาจากในประเทศฟินแลนด์ มีการดำเนินชีวิตและลักษณะบ้านต่างจากการศึกษาในครั้งนี้และรายละเอียดตารางเปรียบเทียบความแตกต่าง ดังตารางที่ 4.24

ปริมาณการรับสัมผัสสาร Toluene ในเขตกรุงเทพมหานคร พบค่าเฉลี่ยเท่ากับ 74.6 $\mu g/m^3$ สำหรับบริเวณที่พักอาศัยที่อยู่ริมถนน (roadside) และ 60.2 $\mu g/m^3$ สำหรับที่พักอาศัยพื้นที่ทั่วไป (non-roadside) ซึ่งจากขอบเขตการศึกษาในครั้งนี้ได้ลดปัจจัยของกิจกรรมที่แตกต่างกันของผู้ร่วมเก็บตัวอย่างระหว่างวัน โดยกำหนดตัวบุคคลที่รับสัมผัสมีกิจกรรมอยู่ภายในบ้านไม่มีการเดินทางไปมาระหว่างบ้านกับที่ทำงาน ซึ่งในการรับสัมผัสในลักษณะนี้ยังไม่พบการศึกษาและสามารถนำเปรียบเทียบได้ดดยตรง แต่พบว่ามีการศึกษาการรับสัมผัสของคนที่มีการทำกิจกรรมภายนอกที่พักอาศัยโดยเดินทางไปมาระหว่างบ้านกับที่ทำงาน จากการเปรียบเทียบการศึกษาของ Gee และ Sollars (1998) ทำการศึกษาในเขตกรุงเทพมหานคร พบปริมาณ Toluene ที่บุคคลได้รับสัมผัสมีค่าสูงกว่า 2.5 – 3 เท่า ของการศึกษาในครั้งนี้ และจากการศึกษาในภูมิภาคเอเชียในหลายประเทศอาทิเช่นการศึกษา ในเมือง Seol และ Asan ประเทศเกาหลี (Son และคณะ, 2003) พบว่าประชากรในเมือง Seol จะมีปริมาณการรับสัมผัสสารสูงกว่า 2.5–3 เท่า ของการศึกษาในครั้งนี้ การศึกษาในManilaประเทศฟิลิปปินส์ (Gee และ Sollars, 1998) พบว่าประชากรใน Manilaจะมีปริมาณการรับสัมผัสของตัวบุคคลสูงกว่า 2.2 – 2.8 เท่า ของการศึกษาในครั้งนี้ ซึ่งคล้ายกับการศึกษาที่พบใน Taipei ประเทศไต้หวัน (Chan และคณะ, 1994) พบว่าประชากรใน Taipei จะมีปริมาณการรับสัมผัสของตัวบุคคลสูงกว่า 5 – 6 เท่า ของการศึกษาในครั้งนี้ และจากการศึกษาในประเทศอเมริกา และละตินอเมริกา จากการศึกษา ในเขตเมือง Caracas ประเทศเวเนซูเอลา Quito ประเทศเอควาดอร์ Santiago ประเทศชิลี และ Sao Paulo ประเทศบราซิล (Gee และ Sollars, 1998) พบว่าประชากรในเมืองเหล่านี้จะมีปริมาณการรับสัมผัสของตัวบุคคลต่ำกว่า 2.5 – 5 เท่า ของการศึกษาในครั้งนี้ จากการศึกษาในประเทศเม็กซิโก (Ortiz และคณะ, 2001) พบว่าประชากรในเม็กซิโกจะ

มีปริมาณการรับสัมผัสของตัวบุคคลใกล้เคียงกับการศึกษาในครั้งนี้ และในประเทศอเมริกามีการรับสัมผัสของตัวบุคคลโดย Chan และคณะ (1992) พบว่ามีปริมาณใกล้เคียงกับที่พักอาศัยพื้นที่ทั่วไป (non-roadside) ในเขตกรุงเทพมหานคร ดังตารางที่ 4.25 และ 4.26

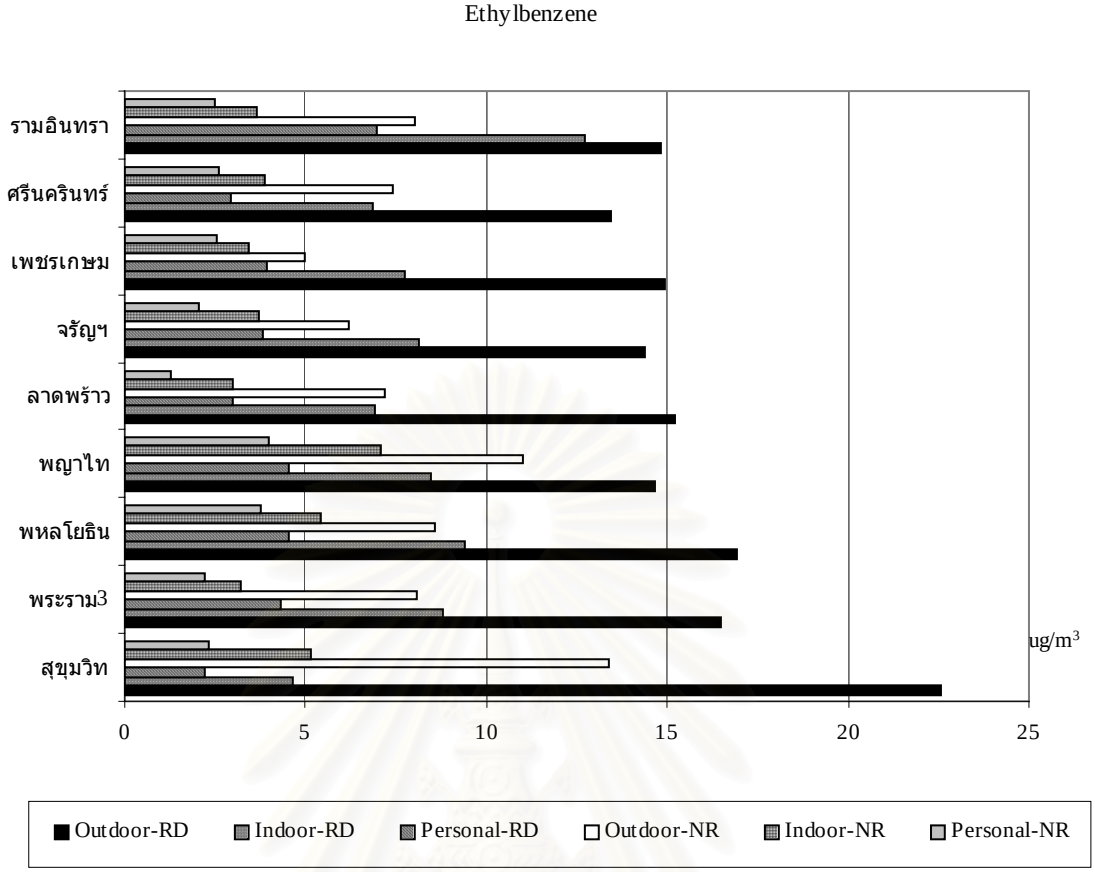
4.2.3.3 Ethylbenzene

บริเวณที่พักอาศัยที่อยู่ริมถนน (roadside) พบปริมาณ Ethylbenzene จากการเก็บตัวอย่างทั้ง 9 พื้นที่ พบว่า ภายนอกอาคารที่พักอาศัย มีปริมาณสูงสุดที่ 22.5 $\mu g/m^3$ ใน พื้นที่สุขุมวิท และต่ำสุด 13.5 $\mu g/m^3$ ในพื้นที่ ศรีนครินทร์ ภายในอาคารที่พักอาศัย มีปริมาณสูงสุด 12.7 $\mu g/m^3$ ในพื้นที่รามอินทรา และต่ำสุด 4.6 $\mu g/m^3$ ในพื้นที่สุขุมวิท และบุคคลได้รับสัมผัส มีปริมาณสูงสุด 7.0 $\mu g/m^3$ ในพื้นที่รามอินทรา และต่ำสุด 2.2 $\mu g/m^3$ในพื้นที่ สุขุมวิท และพื้นที่ทั่วไป (non-roadside) ภายนอกอาคารที่พักอาศัยมีปริมาณสูงสุดที่ 13.4 $\mu g/m^3$ ในพื้นที่สุขุมวิท และต่ำสุด 5.0 $\mu g/m^3$ ในพื้นที่เพชรเกษม ภายในอาคารที่พักอาศัยมีปริมาณสูงสุด 7.1 $\mu g/m^3$ ในพื้นที่พญาไท และต่ำสุด 3.0 $\mu g/m^3$ในพื้นที่ลาดพร้าว และบุคคลได้รับสัมผัสมีปริมาณสูงสุดที่ 4.0 $\mu g/m^3$ ในพื้นที่พญาไท และต่ำสุด 1.3 $\mu g/m^3$ ในพื้นที่ ลาดพร้าว รายละเอียดเปรียบเทียบปริมาณ Ethylbenzene ในแต่ละพื้นที่ดังตารางที่ 4.10 และ ภาพที่ 4.14

ตารางที่ 4.9 ปริมาณ Ethylbenzene จากการเก็บตัวอย่างทั้ง 9 พื้นที่ บริเวณที่พักอาศัยที่อยู่ริมถนน (roadside) และพื้นที่ทั่วไป (non-roadside)

พื้นที่ศึกษา	Roadside (RD)			Non-Roadside (NR)		
	outdoor	indoor	personal	outdoor	indoor	personal
พระโขนง (SK)	22.5^{a}	4.6^{a}	2.2^{a}	13.4^{a}	5.1^{ac}	2.3^{abc}
ยานนาวา (PR)	16.5^{a}	8.8^{bdf}	4.3^{be}	8.1^{bd}	3.2^{b}	2.2^{a}
จตุจักร (PT)	16.9^{ac}	9.4^{bf}	4.6^{b}	8.6^{b}	5.4^{c}	3.8^{b}
ราชเทวี (PY)	14.6^{b}	8.4^{be}	4.6^{b}	11.0^{a}	7.1^{abc}	4.0^{b}
บางกะปิ (LP)	15.2^{bc}	6.9^{e}	3.0^{d}	7.2^{bd}	3.0^{b}	1.3^{c}
บางกอกน้อย (JW)	14.4^{bd}	8.1^{be}	3.8^{bd}	6.2^{cd}	3.7^{ab}	2.1^{ac}
บางแค (PK)	14.9^{bd}	7.4^{de}	3.9^{be}	5.0^{c}	3.4^{ab}	2.6^{a}
ประเวศ (SR)	13.5^{b}	6.9^{aef}	2.9^{ade}	7.4^{bd}	3.9^{abc}	2.6^{a}
คันนายาว (RT)	14.8^{d}	12.7^{c}	7.0^{c}	8.0^{bd}	3.7^{ab}	2.5^{a}
ค่าเฉลี่ยทั้งหมด	15.9	8.1	4.0	8.3	4.3	2.6

หมายเหตุ: ตัวอักษรที่มุมขวาด้านบนที่ต่างกัน หมายถึง มีความแตกต่างกันของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญที่ความเชื่อมั่น 95 %



ภาพที่ 4.14 ปริมาณเฉลี่ยของ Ethylbenzene ที่ตรวจพบใน 9 พื้นที่ศึกษาในเขตกรุงเทพมหานคร

จากการทดสอบความแตกต่างค่าเฉลี่ยของข้อมูลปริมาณความเข้มข้น Ethylbenzene ทั้ง 9 พื้นที่ ในบริเวณที่พักอาศัยที่อยู่ริมถนน (roadside) และบริเวณที่พักอาศัยพื้นที่ทั่วไป (non-roadside) พบว่า

1) บริเวณที่พักอาศัยที่อยู่ริมถนน (roadside) พบปริมาณ Ethylbenzene จากการเก็บตัวอย่างทั้ง 9 พื้นที่ โดยแบ่งตามลักษณะเก็บตัวอย่าง ดังนี้

1.1) ภายนอกอาคารที่พักอาศัย (outdoor)

บริเวณภายนอกอาคารที่พักอาศัยทั้ง 9 พื้นที่มีค่าเฉลี่ยของปริมาณ Ethylbenzene อยู่ในช่วงตั้งแต่ 13.5-22.5 $\mu g/m^3$ จากการทดสอบความแตกต่างค่าเฉลี่ยของข้อมูลปริมาณความเข้มข้น Ethylbenzene ภายนอกอาคารที่พักอาศัย พบว่า $SK^{a} > PT^{ac} > PR^{a} > LP^{bc} > PK^{b} > RT^{b} > PY^{b} > JW^{bd} > SR^{d}$

1.2) ภายในอาคารที่พักอาศัย (indoor)

บริเวณภายในอาคารที่พักอาศัยทั้ง 9 พื้นที่มีค่าเฉลี่ยของปริมาณ Ethylbenzene อยู่ในช่วงตั้งแต่ 4.6-12.7 $\mu g/m^3$ จากการทดสอบความแตกต่างค่าเฉลี่ยของข้อมูลปริมาณความเข้มข้น

Ethylbenzene ภายในอาคารที่พักอาศัย พบว่า $RT^{c} > PT^{bf} > PR^{bdf} > PY^{be} > JW^{be} > PK^{de} > LP^{e} = SR^{aef} > SK^{a}$

1.3) บุคคลได้รับสัมผัส (personal)

การรับสัมผัสของบุคคลทั่วไปใน ที่พักอาศัยทั้ง 9 พื้นที่มีค่าเฉลี่ยของปริมาณ Ethylbenzene อยู่ในช่วงตั้งแต่ 2.2-7.0 $\mu g/m^3$ จากการทดสอบความแตกต่างค่าเฉลี่ยของข้อมูลปริมาณความเข้มข้น Ethylbenzene ที่บุคคลได้รับสัมผัส พบว่า $RT^{c} > PT^{b} = PY^{b} > PR^{be} > PK^{be} > JW^{bd} > LP^{d} > SR^{ade} > SK^{a}$

จากการเปรียบเทียบปริมาณ ค่าเฉลี่ยของปริมาณ Ethylbenzene ทั้ง 9 พื้นที่ เราจะพบว่า ปริมาณ outdoor สูงสุดที่ถนนสุขุมวิท แต่ indoor และ personal นั้นไม่ได้มีความสัมพันธ์ในทางเดียวกัน ดังที่กล่าวใน Benzene และจากการเปรียบเทียบพบว่าปริมาณใน outdoor > indoor > personal ในทุกพื้นที่ศึกษา ดังนั้นจึงทำให้เราทราบว่าสารส่วนใหญ่มาจากแหล่งกำเนิดรถยนต์เป็นหลัก

2) บริเวณที่พักอาศัยพื้นที่ทั่วไป (non-roadside) พบปริมาณ Ethylbenzene จากการเก็บตัวอย่างทั้ง 9 พื้นที่ โดยแบ่งตามลักษณะเก็บตัวอย่าง ดังนี้

2.1) ภายนอกอาคารที่พักอาศัย (outdoor)

บริเวณภายนอกอาคารที่พักอาศัยทั้ง 9 พื้นที่มีค่าเฉลี่ยของปริมาณ Ethylbenzene อยู่ในช่วงตั้งแต่ 5.0-13.4 $\mu g/m^3$ จากการทดสอบความแตกต่างค่าเฉลี่ยของข้อมูลปริมาณความเข้มข้น Ethylbenzene ภายนอกอาคารที่พักอาศัย พบว่า $SK^{a} > PY^{a} > PT^{b} > PR^{bd} > RT^{bd} > SR^{bd} > LP^{bd} > JW^{cd} > PK^{c}$

2.2) ภายในอาคารที่พักอาศัย (indoor)

บริเวณภายในอาคารที่พักอาศัยทั้ง 9 พื้นที่มีค่าเฉลี่ยของปริมาณ Ethylbenzene อยู่ในช่วงตั้งแต่ 3.0-7.1 $\mu g/m^3$ จากการทดสอบความแตกต่างค่าเฉลี่ยของข้อมูลปริมาณความเข้มข้น Ethylbenzene ภายในอาคารที่พักอาศัย พบว่า $PY^{abc} > PT^{c} > SK^{ac} > SR^{abc} > RT^{ab} = JW^{ab} > PK^{ab} > PR^{b} > LP^{b}$

2.3) บุคคลได้รับสัมผัส (personal)

การรับสัมผัสสาร Ethylbenzene ของบุคคลทั่วไปใน ที่พักอาศัยทั้ง 9 พื้นที่มีค่าเฉลี่ยของปริมาณ Ethylbenzene อยู่ในช่วงตั้งแต่ 2.1-4.0 $\mu g/m^3$ จากการทดสอบความแตกต่างค่าเฉลี่ยของข้อมูลปริมาณความเข้มข้น Ethylbenzene ที่บุคคลได้รับสัมผัส พบว่า $PY^{b} > PT^{b} > SR^{a} = PK^{b} > RT^{a} > SK^{a} > PR^{a} > JW^{ac} > LP^{c}$

จากการเปรียบเทียบพบปริมาณใน outdoor > indoor > personal ในทุกพื้นที่ศึกษา ดังนั้นแหล่งกำเนิดของสาร Ethylbenzene น่าจะมาจากรถยนต์เป็นหลัก และปริมาณในแต่ละที่นั้นไม่ได้มีแนวโน้มสัมพันธ์กันใน 3 ลักษณะ เนื่องมาจากลักษณะบ้านและกิจกรรมต่างๆที่แตกต่างกัน เช่นเดียวกับสาร VOCs ที่ได้กล่าวข้างต้น

จากตารางที่ 4.10 จะเห็นว่า ในเขตกรุงเทพมหานครมีปริมาณ Ethylbenzene เฉลี่ยภายนอกอาคารเท่ากับ 15.9 $\mu g/m^3$ สำหรับบริเวณที่พักอาศัยที่อยู่ริมถนน (roadside) และ 8.3 $\mu g/m^3$ สำหรับบริเวณที่พักอาศัยพื้นที่ทั่วไป (non-roadside) ซึ่งจากการศึกษาของ Ivan และ Christopher (1997) ที่ศึกษาในเขตกรุงเทพมหานคร แต่ไม่ได้ระบุจุดเก็บตัวอย่าง พบปริมาณ Ethylbenzene อยู่ในช่วง 2.1-147.3 $\mu g/m^3$ ซึ่งพบในช่วงกว้างมาก จึงทำให้ปริมาณจากการศึกษาทั้ง 2 บริเวณ อยู่ในช่วงที่ตรวจพบนี้ด้วย และจากการศึกษาของ วรรณา และคณะ (2545) ทำการศึกษาในเขตกรุงเทพมหานคร ซึ่งมีจุดเก็บตัวอย่าง 4 จุด คือ รัชโยธิน อนุเสาวรีย์ชัยสมรภูมิ สีลม และเยาวราช พบปริมาณ Ethylbenzene 16.0 22.1 60.5 และ 83.2 $\mu g/m^3$ ตามลำดับ พบว่าปริมาณ Ethylbenzene เฉลี่ยจากการศึกษาในครั้งนี้ต่ำกว่าค่าที่ได้จากทั้งสามจุดเก็บตัวอย่าง ยกเว้นในรัชโยธินที่มีค่าใกล้เคียงกับการศึกษาในครั้งนี้ และพบปริมาณใกล้เคียงกับการศึกษาของ Ivan และ Christopher ด้วย ดังตารางที่ 4.22

จากการศึกษาของต่างประเทศในเขตเมืองในแถบภูมิภาคเอเชียของ Ivan และ Christopher (1997) ศึกษาในกรุงมะนิลา ประเทศฟิลิปปินส์ พบปริมาณ Ethylbenzene ND-80.3 $\mu g/m^3$ ซึ่งพบในช่วงกว้างมากเช่นเดียวกับการศึกษาในกรุงเทพมหานคร และการศึกษาของ Son และคณะ (2003) ศึกษาในเมือง Seol ประเทศเกาหลี พบปริมาณ Ethylbenzene 1.64 $\mu g/m^3$ ต่ำกว่า roadside และ non-roadside ที่ทำการศึกษาในลักษณะเดียวกัน ซึ่งในละตินอเมริกา Ivan และ Christopher (1997) ได้ศึกษาในเขตเมือง Caracas ประเทศเวเนซูเอลา Quito ประเทศเอควาดอร์ Santiago ประเทศชิลี และ Sao Paulo ประเทศบราซิล พบปริมาณ Ethylbenzene 2.8-8.3 ND-8.7 3.9-11.7 และ2.1-10.5 $\mu g/m^3$ ตามลำดับ พบว่าปริมาณ Ethylbenzene เฉลี่ยทั้ง 2 พื้นที่ในการศึกษาครั้งนี้มีค่าใกล้เคียงกับค่าในประเทศต่างๆที่ศึกษาในละตินอเมริกาที่พบว่า Ethylbenzene นั้นจะมาจากรถยนต์เป็นหลัก รายละเอียดตารางเปรียบเทียบความแตกต่าง ดังตารางที่ 4.23

บริเวณภายในอาคารที่พักอาศัยในเขตกรุงเทพมหานคร มีปริมาณ Ethylbenzene เท่ากับ 8.1 $\mu g/m^3$ สำหรับบริเวณที่พักอาศัยที่อยู่ริมถนน (roadside) และ 4.3 $\mu g/m^3$ สำหรับบริเวณที่พักอาศัยพื้นที่ทั่วไป (non-roadside) ซึ่งจากการศึกษาโดย Son และคณะ (2003) ศึกษาในเมือง Seol ประเทศเกาหลี พบปริมาณ Ethylbenzene เฉลี่ยภายในอาคารบริเวณ roadside และ non-roadside เท่ากันที่ระดับ 1.3 $\mu g/m^3$ ซึ่งค่าที่ได้จากการศึกษาครั้งนี้มีค่าสูงกว่าเมือง Seol และจากการศึกษาในเมือง Helsinki ประเทศฟินแลนด์ ของ Kostiainen (1995) และ Edwardsและคณะ (2001) พบปริมาณ Ethylbenzene 3.2 และ1.0 $\mu g/m^3$ ตามลำดับ ซึ่งค่าที่ได้ต่ำกว่าการศึกษาในครั้งนี้ รายละเอียดตารางเปรียบเทียบความแตกต่าง ดังตารางที่ 4.24

ปริมาณการรับสัมผัสสาร Ethylbenzene ที่ตัวบุคคลที่อาศัยในเขตกรุงเทพมหานครเท่ากับ 4.0 $\mu g/m^3$ สำหรับบริเวณที่พักอาศัยที่อยู่ริมถนน (roadside) และ 2.6 $\mu g/m^3$ สำหรับบริเวณที่พักอาศัยพื้นที่ทั่วไป (non-roadside) ซึ่งจากขอบเขตการศึกษาในครั้งนี้ได้ลดปัจจัยของกิจกรรมที่แตกต่างกันของผู้ร่วมเก็บตัวอย่างระหว่างวัน โดยกำหนดตัวบุคคลที่รับสัมผัสมีกิจกรรมอยู่ภายในบ้านไม่มี

การเดินทางไปมาระหว่างบ้านกับที่ทำงาน ซึ่งในการรับสัมผัสในลักษณะนี้ยังไม่พบการศึกษาและสามารถนำเปรียบเทียบได้โดยตรง แต่พบว่ามีการศึกษาการรับสัมผัสของคนที่มีการทำกิจกรรมภายนอกที่พักอาศัยโดยเดินทางไปมาระหว่างบ้านกับที่ทำงาน จากการเปรียบเทียบกับการศึกษาของ Gee และ Sollars (1998) ในเขตกรุงเทพมหานครซึ่งไม่ได้ระบุจุดเก็บตัวอย่าง พบปริมาณการรับสัมผัสสาร Ethylbenzene สูงกว่า 4 – 18 เท่า ของการศึกษาในครั้งนี้ จากการศึกษาในภูมิภาคเอเชียในหลายประเทศ อาทิเช่น ในเมือง Seol ประเทศเกาหลี (Son และคณะ, 2003) พบปริมาณการรับสัมผัสสาร ต่ำกว่า 1.2 – 2 เท่า ของการศึกษาในครั้งนี้ และการศึกษาในกรุง Manila ประเทศฟิลิปปินส์ โดย Gee และ Sollars (1998) พบปริมาณการรับสัมผัสสาร Ethylbenzene สูงกว่า 10 เท่า ของการศึกษาในครั้งนี้ การศึกษาที่พบใน Taipei ประเทศไต้หวัน (Chan และคณะ, 1994) พบปริมาณการรับสัมผัสสาร Ethylbenzene สูงกว่า 43 เท่า ของการศึกษาในครั้งนี้ รายละเอียดดังตารางที่ 4.25

จากการศึกษาในประเทศอเมริกาและละตินอเมริกา (Gee และ Sollars, 1998)ได้ศึกษาในเขตเมือง Caracas ประเทศเวเนซูเอลา Quito ประเทศเอควาดอร์ Santiago ประเทศชิลี และSao Paulo ประเทศบราซิล พบปริมาณ สูงกว่า 1.5 เท่า ของการศึกษาในครั้งนี้ จากการศึกษาในประเทศเม็กซิโก (Ortiz และคณะ, 2001) พบปริมาณการรับสัมผัสสาร Ethylbenzene สูงกว่า 2 – 4 เท่า ของการศึกษาในครั้งนี้ และการรับสัมผัสในของบุคคลในประเทศอเมริกา โดย Chan และคณะ (1992) พบปริมาณการรับสัมผัสสาร Ethylbenzene สูงกว่า 1.5 – 2 เท่า รายละเอียดดังตารางที่ 4.26

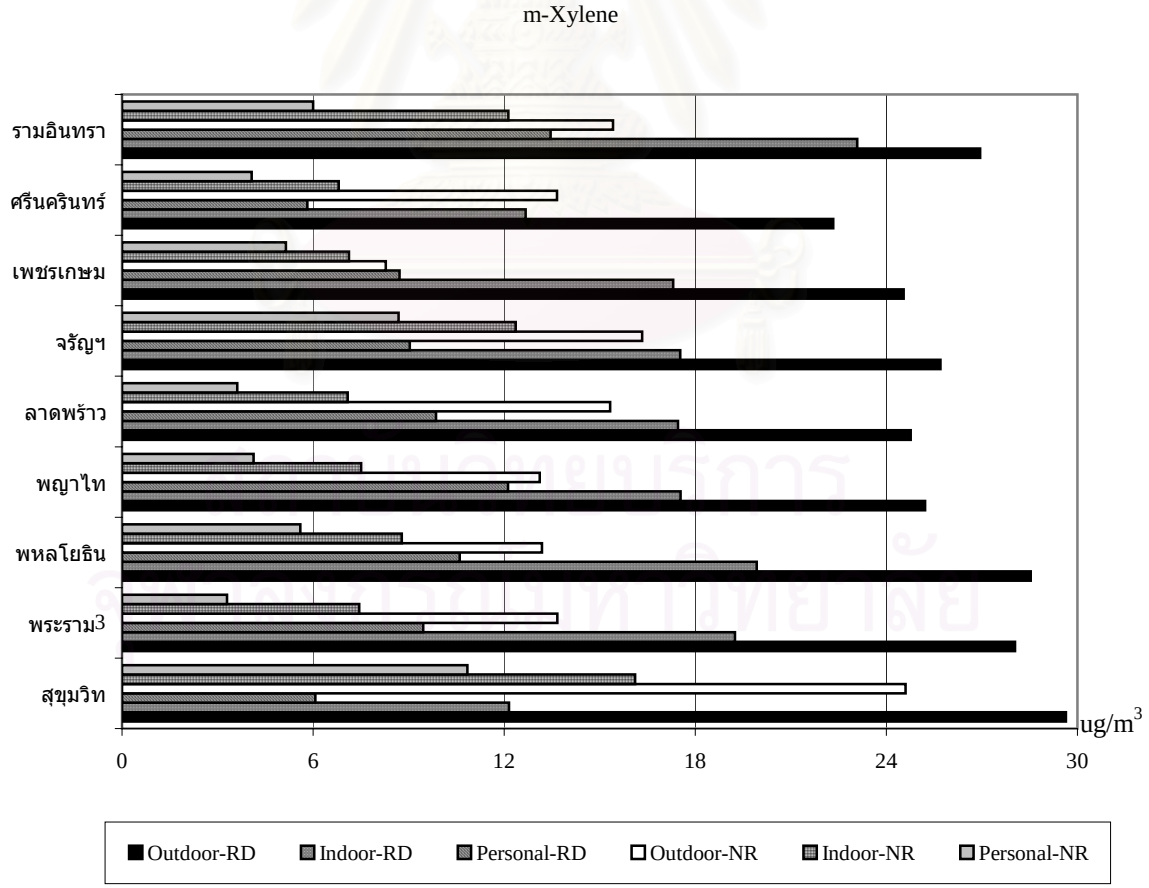
4.2.3.4 m-Xylene

ปริมาณ m-Xylene บริเวณที่พักอาศัยที่อยู่ริมถนน (roadside) จากการเก็บตัวอย่างทั้ง 9 พื้นที่ พบว่า ภายนอกอาคารที่พักอาศัย มีปริมาณสูงสุดที่ 29.6 $\mu g/m^3$ ใน พื้นที่ถนนสุขุมวิท และต่ำสุด 22.3 $\mu g/m^3$ ในพื้นที่ถนนศรีนครินทร์ ภายในอาคารที่พักอาศัย มีปริมาณสูงสุด 23.1 $\mu g/m^3$ ในพื้นที่ถนนรามอินทรา และต่ำสุด 12.2 $\mu g/m^3$ ในพื้นที่ถนนสุขุมวิท และบุคคลได้รับสัมผัสมีปริมาณสูงสุด 13.5 $\mu g/m^3$ ในพื้นที่ถนนรามอินทรา และต่ำสุด 5.8 $\mu g/m^3$ ในพื้นที่ถนนศรีนครินทร์ และพื้นที่ทั่วไป (non-roadside) ภายนอกอาคารที่พักอาศัยมีปริมาณสูงสุดที่ 24.6 $\mu g/m^3$ ในพื้นที่ถนนสุขุมวิท และต่ำสุด 8.3 $\mu g/m^3$ในพื้นที่ เพชรเกษม ภายในอาคารที่พักอาศัย มีปริมาณสูงสุด 16.1 $\mu g/m^3$ ในพื้นที่ถนนสุขุมวิท และต่ำสุด 6.8 $\mu g/m^3$ ในพื้นที่ถนนศรีนครินทร์ และตัวบุคคล มีปริมาณสูงสุดที่ 10.8 $\mu g/m^3$ ในพื้นที่ถนนสุขุมวิท และต่ำสุด 3.3 $\mu g/m^3$ ในพื้นที่ถนนพระราม3 รายละเอียดเปรียบเทียบปริมาณ m-Xylene ในแต่ละพื้นที่ ดังตารางที่ 4.11 และ ภาพที่ 4.15

ตารางที่ 4.11 ปริมาณ m-Xylene จากการเก็บตัวอย่างทั้ง 9 พื้นที่ บริเวณที่พักอาศัยที่อยู่ริมถนน (roadside) และพื้นที่ทั่วไป (non-roadside)

พื้นที่ศึกษา	Roadside (RD)			Non-Roadside (NR)		
	outdoor	indoor	personal	outdoor	indoor	personal
พระโขนง (SK)	29.6[a]	12.2[a]	6.1[a]	24.6[a]	16.1[a]	10.8[abc]
ยานนาวา (PR)	28.0[ac]	19.2[bc]	9.5[bd]	13.7[be]	7.4[b]	3.3[a]
จตุจักร (PT)	28.5[ac]	19.9[bc]	10.6[bcd]	13.2[be]	8.8[b]	5.6[b]
ราชเทวี (PY)	25.2[bc]	17.5[c]	12.1[bc]	13.1[b]	7.5[bd]	4.1[ad]
บางกะปิ (LP)	24.8[bc]	17.5[c]	9.9[bcd]	15.3[bc]	7.1[b]	3.6[a]
บางกอกน้อย (JW)	25.7[bc]	17.5[c]	9.0[bd]	16.3[c]	12.4[ad]	8.7[c]
บางแค (PK)	24.5[b]	17.9[c]	8.7[d]	8.3[d]	7.1[b]	5.1[bd]
ประเวศ (SR)	22.3[d]	12.7[a]	5.8[a]	13.7[bc]	6.8[b]	4.1[ad]
คันนายาว (RT)	26.9[ac]	23.1[b]	13.5[c]	15.4[ce]	12.1[cd]	6.0[b]
ค่าเฉลี่ยทั้งหมด	26.2	17.5	9.5	14.8	9.5	5.7

หมายเหตุ: ตัวอักษรที่มุมขวาด้านบนที่ต่างกัน หมายถึง มีความแตกต่างกันของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญที่ความเชื่อมั่น95%



ภาพที่ 4.15 ปริมาณเฉลี่ยของ m-Xylene ที่ตรวจพบใน 9 พื้นที่ศึกษาในเขตกรุงเทพมหานคร

จากการทดสอบความแตกต่างค่าเฉลี่ยของข้อมูลปริมาณความเข้มข้น m-Xylene ทั้ง 9 พื้นที่ ในบริเวณที่พักอาศัยที่อยู่ริมถนน (roadside) และบริเวณที่พักอาศัยพื้นที่ทั่วไป (non-roadside) พบว่า

1) บริเวณที่พักอาศัยที่อยู่ริมถนน (roadside) พบปริมาณ m-Xylene จากการเก็บตัวอย่างทั้ง 9 พื้นที่ จากการเปรียบเทียบความแตกต่างกัน ของแต่ละพื้นที่ โดยแบ่งตามลักษณะเก็บตัวอย่าง ดังนี้

1.1) ภายนอกอาคารที่พักอาศัย (outdoor)

บริเวณภายนอกอาคารที่พักอาศัยทั้ง 9 พื้นที่มีค่าเฉลี่ยของปริมาณ m-Xylene อยู่ในช่วงตั้งแต่ 22.3-29.6 $\mu g/m^3$จากการทดสอบความแตกต่างค่าเฉลี่ยของข้อมูลปริมาณความเข้มข้น m-Xylene ภายนอกอาคารที่พักอาศัย พบว่า $SK^{a} > PT^{ac} > PR^{ac} > RT^{ac} > JW^{bc} > PY^{bc}$ $LP^{bc} > PK^{b} > SR^{d}$

1.2) ภายในอาคารที่พักอาศัย (indoor)

บริเวณภายในอาคารที่พักอาศัยทั้ง 9 พื้นที่มีค่าเฉลี่ยของปริมาณ m-Xylene อยู่ในช่วงตั้งแต่ 12.2-23.1 $\mu g/m^3$ จากการทดสอบความแตกต่างค่าเฉลี่ยของข้อมูลปริมาณความเข้มข้น m-Xylene ภายในอาคารที่พักอาศัย พบว่า $RT^{b} > PT^{bc} > PR^{bc} > PK^{de} > PY^{c} = LP^{c} = JW^{c} > SR^{a} > SK^{a}$

1.3) บุคคลได้รับสัมผัส (personal)

การรับสัมผัสของบุคคลทั่วไปในที่พักอาศัยทั้ง9พื้นที่มีค่าเฉลี่ยของปริมาณ m-Xylene อยู่ในช่วงตั้งแต่ 5.8-13.5 $\mu g/m^3$ จากการทดสอบความแตกต่างค่าเฉลี่ยของข้อมูลปริมาณความเข้มข้น m-Xylene ที่บุคคลได้รับสัมผัส พบว่า $RT^{c} > PY^{bc} > PT^{bcd} > LP^{bcd} > PR^{bd} > JW^{bd} > PK^{d} > SK^{a} > SR^{a}$

จากการเปรียบเทียบปริมาณค่าเฉลี่ย m-Xylene ทั้ง 9 พื้นที่ เราจะพบว่า ปริมาณ outdoor สูงสุดที่ ถนนสุขุมวิท แต่ indoor และ personal นั้นไม่ได้มีแนวโน้มไปในทางเดียวกัน ดังที่กล่าวใน Benzene และจากการเปรียบเทียบพบว่าปริมาณใน outdoor > indoor > personal ในทุกพื้นที่ศึกษา ดังนั้นจึงทำให้เราทราบว่าสารส่วนใหญ่แพร่ผ่านจากภายนอกอาคารไปสู่ภายในอาคาร ซึ่งถือเป็นแหล่งกำเนิดหลักของสาร VOCs ที่ปรากฏภายในอาคารและการได้รับสัมผัส

2) บริเวณที่พักอาศัยพื้นที่ทั่วไป (non-roadside) พบปริมาณ m-Xylene จากการเก็บตัวอย่างทั้ง 9 พื้นที่ โดยแบ่งตามลักษณะเก็บตัวอย่าง ดังนี้

2.1) ภายนอกอาคารที่พักอาศัย (outdoor)

บริเวณภายนอกอาคารที่พักอาศัยทั้ง 9 พื้นที่มีค่าเฉลี่ยของปริมาณ m-Xylene อยู่ในช่วงตั้งแต่ 8.3-24.6 $\mu g/m^3$ จากการทดสอบความแตกต่างค่าเฉลี่ยของข้อมูลปริมาณความเข้มข้น m-Xyleneภายนอกอาคารที่พักอาศัย พบว่า $SK^{a} > JW^{c} > RT^{ce} > LP^{bc} > PR^{be} = SR^{bc} > PT^{be} > PY^{b} > PK^{d}$

2.2) ภายในอาคารที่พักอาศัย (indoor)

บริเวณภายในอาคารที่พักอาศัยทั้ง 9 พื้นที่มีค่าเฉลี่ยของปริมาณ m-Xylene อยู่ในช่วงตั้งแต่ 6.8-16.1 $\mu g/m^3$จากการทดสอบความแตกต่างค่าเฉลี่ยของข้อมูลปริมาณความเข้มข้น m-Xylene ภายในอาคารที่พักอาศัย พบว่า $SK^{ac} > JW^{ab} > RT^{ab} > PT^{c} > PY^{abc} > PR^{b} > LP^{b} = PK^{ab} > SR^{abc}$

2.3) บุคคลได้รับสัมผัส (personal)

การรับสัมผัสของบุคคลทั่วไปใน ที่พักอาศัยทั้ง 9 พื้นที่มีค่าเฉลี่ยของปริมาณ m-Xylene อยู่ในช่วงตั้งแต่ 3.3-10.8 $\mu g/m^3$ จากการทดสอบความแตกต่างค่าเฉลี่ยของข้อมูลปริมาณความเข้มข้น m-Xylene ภายในอาคารที่พักอาศัย พบว่า $SK^a > JW^{ac} > RT^a > PT^b > PK^b > SR^a = PY^b > LP^c > PR^a$

จากการเปรียบเทียบพบปริมาณสารใน outdoor > indoor > personal ในทุกพื้นที่ศึกษา ดังนั้นจึงทำให้เราทราบว่าสารมาจากแหล่งกำเนิดรถยนต์เป็นหลักนั้นและปริมาณในแต่ละที่นั้นไม่ได้มีแนวโน้มความสัมพันธ์กันในทั้งสามลักษณะนั้น เนื่องมาจากลักษณะบ้านและกิจกรรมที่แตกต่างกัน

4.2.3.5 p-Xylene

บริเวณที่พักอาศัยที่อยู่ริมถนน (roadside) พบปริมาณ p-Xylene จากการเก็บตัวอย่างทั้ง 9 พื้นที่ พบว่า ภายนอกอาคารที่พักอาศัย มีปริมาณสูงสุดที่ 24.0 $\mu g/m^3$ ใน พื้นที่ถนนสุขุมวิท และต่ำสุด 19.7 $\mu g/m^3$ ในพื้นที่ถนนเพชรเกษม และศรีนครินทร์ ภายในอาคารที่พักอาศัย มีปริมาณสูงสุด 15.1 $\mu g/m^3$ ในพื้นที่ถนนรามอินทรา และต่ำสุด 4.1 $\mu g/m^3$ ในพื้นที่ถนนสุขุมวิท และบุคคลได้รับสัมผัส มีปริมาณสูงสุด 7.4 $\mu g/m^3$ ในพื้นที่ถนนรามอินทรา และต่ำสุด 2.1$\mu g/m^3$ ในพื้นที่ถนนสุขุมวิท และพื้นที่ทั่วไป (non-roadside) ภายนอกอาคารที่พักอาศัยมีปริมาณสูงสุดที่ 15.5 $\mu g/m^3$ ในพื้นที่ถนนสุขุมวิท และต่ำสุด 6.6 $\mu g/m^3$ ในพื้นที่ถนนเพชรเกษม ภายในอาคารที่พักอาศัย มีปริมาณสูงสุด 9.6 $\mu g/m^3$ ในพื้นที่ถนนสุขุมวิท และต่ำสุด 3.6 $\mu g/m^3$ ในพื้นที่ถนนลาดพร้าว และบุคคลได้รับสัมผัส มีปริมาณสูงสุดที่ 9.3 $\mu g/m^3$ ในพื้นที่ถนนสุขุมวิท และต่ำสุด 1.7 $\mu g/m^3$ในพื้นที่ถนนลาดพร้าว รายละเอียดเปรียบเทียบปริมาณ p-Xylene ในแต่ละพื้นที่ ดังตารางที่ 4.12 และภาพที่ 4.16

จากการทดสอบความแตกต่างค่าเฉลี่ยของข้อมูลปริมาณความเข้มข้น p-Xylene ทั้ง 9 พื้นที่ในบริเวณที่พักอาศัยที่อยู่ริมถนน (roadside) และบริเวณที่พักอาศัยพื้นที่ทั่วไป (non-roadside) พบว่า

1) บริเวณที่พักอาศัยที่อยู่ริมถนน (roadside) พบปริมาณ p-Xylene จากการเก็บตัวอย่างทั้ง 9 พื้นที่ จากการเปรียบเทียบความแตกต่างกัน ของแต่ละพื้นที่ โดยแบ่งตามลักษณะเก็บตัวอย่าง ดังนี้

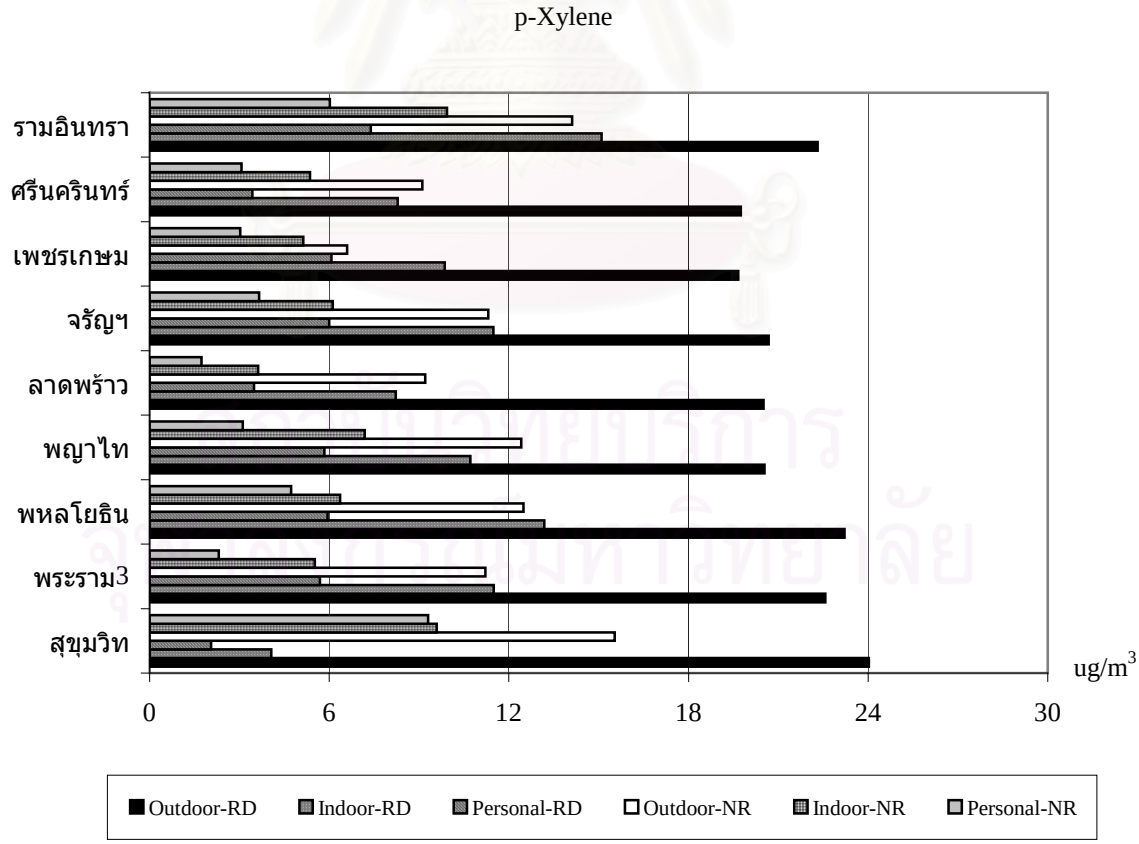
1.1) ภายนอกอาคารที่พักอาศัย (outdoor)

บริเวณภายนอกอาคารที่พักอาศัยทั้ง 9 พื้นที่มีค่าเฉลี่ยของปริมาณ p-Xylene อยู่ในช่วงตั้งแต่ 22.3-29.6 $\mu g/m^3$จากการทดสอบความแตกต่างค่าเฉลี่ยของข้อมูลปริมาณความเข้มข้น p-Xylene ภายนอกอาคารที่พักอาศัย พบว่า $SK^a > PT^a > PR^{ac} > RT^{ac} > JW^{bc} > LP^{bc} = PY^{bc} > SR^b = PK^b$

ตารางที่ 4.12 ปริมาณ p-Xylene จากการเก็บตัวอย่างทั้ง 9 พื้นที่ บริเวณที่พักอาศัยที่อยู่ริมถนน (roadside) และพื้นที่ทั่วไป (non-roadside)

พื้นที่ศึกษา	Roadside (RD)			Non-Roadside (NR)		
	outdoor	indoor	personal	outdoor	indoor	personal
พระโขนง (SK)	24[a]	4.1[a]	2.1[a]	15.5[ac]	9.6[acd]	9.3[a]
ยานนาวา (PR)	22.6[ac]	11.5[b]	5.7[b]	11.2[af]	5.5[a]	2.3[bd]
จตุจักร (PT)	23.2[a]	13.2[bd]	5.9[b]	12.5[acf]	6.4[ac]	4.7[ce]
ราชเทวี (PY)	20.5[bc]	10.7[b]	5.8[bc]	12.4[acd]	7.2[c]	3.1[bc]
บางกะปิ (LP)	20.5[bc]	8.2[c]	3.5[a]	9.2[b]	3.6[b]	1.7[d]
บางกอกน้อย (JW)	20.7[bc]	11.5[br]	6.0[bc]	11.3[adf]	6.1[ac]	3.7[cf]
บางแค (PK)	19.7[b]	12.3[bd]	6.1[bc]	6.6[e]	5.1[ab]	3.0[bf]
ประเวศ (SR)	19.7[b]	8.3[ce]	3.4[a]	9.1[bef]	5.4[ab]	3.1[bc]
คันนายาว (RT)	22.3[ac]	15.1[d]	7.4[c]	14.1[c]	9.9[d]	6.0[e]
ค่าเฉลี่ยทั้งหมด	21.5	10.5	5.1	11.3	6.5	4.1

หมายเหตุ: ตัวอักษรที่มุมขวาด้านบนที่ต่างกัน หมายถึงมีความแตกต่างกันของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญที่ความเชื่อมั่น95%



ภาพที่ 4.16 ปริมาณเฉลี่ยของ p-Xylene ที่ตรวจพบใน 9 พื้นที่ศึกษาในเขตกรุงเทพมหานคร

1.2) ภายในอาคารที่พักอาศัย (indoor)

บริเวณภายในอาคารที่พักอาศัยทั้ง 9 พื้นที่มีค่าเฉลี่ยของปริมาณ p-Xylene อยู่ในช่วงตั้งแต่ 12.2-23.1 $\mu g/m^3$ จากการทดสอบความแตกต่างค่าเฉลี่ยของข้อมูลปริมาณความเข้มข้น p-Xylene ภายในอาคารที่พักอาศัย พบว่า $RT^{d} > PT^{bd} > PK^{bd} > PR^{b} = JW^{be} > PY^{b} > SR^{ce} > LP^{c} > SK^{a}$

1.3) บุคคลได้รับสัมผัส (personal)

การรับสัมผัสสาร p-Xylene ของบุคคลทั่วไปในที่พักอาศัยทั้ง 9 พื้นที่มีค่าเฉลี่ยของปริมาณ p-Xylene อยู่ในช่วงตั้งแต่ 5.8-13.5 $\mu g/m^3$ จากการทดสอบความแตกต่างค่าเฉลี่ยของข้อมูลปริมาณความเข้มข้น p-Xylene ที่บุคคลได้รับสัมผัส พบว่า $RT^{c} > PK^{bc} > JW^{bc} > PT^{b} > PY^{bc} > PR^{b} > LP^{a} > SR^{a} > SK^{a}$

จากการเปรียบเทียบปริมาณค่าเฉลี่ย p-Xylene ทั้ง 9 พื้นที่ เราจะพบว่า ปริมาณ outdoor สูงสุดที่ ถนนสุขุมวิท แต่ indoor และ personal นั้นไม่ได้มีแนวโน้มไปทางเดียวกัน ดังที่กล่าวใน Benzene และจากการเปรียบเทียบพบว่าปริมาณใน outdoor > indoor > personal ในทุกพื้นที่ศึกษา ดังนั้นจึงทำให้เราทราบว่าสารมาจากแหล่งกำเนิดที่เป็นรถยนต์เป็นหลัก

2) บริเวณที่พักอาศัยพื้นที่ทั่วไป (non-roadside) พบปริมาณ p-Xylene จากการเก็บตัวอย่างทั้ง 9 พื้นที่ โดยแบ่งตามลักษณะเก็บตัวอย่าง ดังนี้

2.1) ภายนอกอาคารที่พักอาศัย (outdoor)

บริเวณภายนอกอาคารที่พักอาศัยทั้ง 9 พื้นที่มีค่าเฉลี่ยของปริมาณ p-Xylene อยู่ในช่วงตั้งแต่ 8.3-24.6 $\mu g/m^3$ จากการทดสอบความแตกต่างค่าเฉลี่ยของข้อมูลปริมาณความเข้มข้น p-Xylene ภายนอกอาคารที่พักอาศัย พบว่า $SK^{ac} > RT^{c} > PT^{acf} > PY^{acd} > JW^{adf} > PR^{af} > LP^{b} > SR^{bef} > PK^{e}$

2.2) ภายในอาคารที่พักอาศัย (indoor)

บริเวณภายในอาคารที่พักอาศัยทั้ง 9 พื้นที่มีค่าเฉลี่ยของปริมาณ p-Xylene อยู่ในช่วงตั้งแต่ 6.8-16.1 $\mu g/m^3$จากการทดสอบความแตกต่างค่าเฉลี่ยของข้อมูลปริมาณความเข้มข้น p-Xylene ภายในอาคารที่พักอาศัย พบว่า $RT^{d} > SK^{acd} > PY^{c} > PT^{ac} > JW^{ac} > PR^{a} > SR^{ab} > PK^{ab} > LP^{b}$

2.3) บุคคลได้รับสัมผัส (personal)

การรับสัมผัสของบุคคลทั่วไปใน ที่พักอาศัยทั้ง 9 พื้นที่มีค่าเฉลี่ยของปริมาณ p-Xylene อยู่ในช่วงตั้งแต่ 3.3-10.8 $\mu g/m^3$ จากการทดสอบความแตกต่างค่าเฉลี่ยของข้อมูลปริมาณความเข้มข้น m-Xylene ที่บุคคลได้รับสัมผัส พบว่า $SK^{a} > RT^{e} > PT^{ce} > JW^{cf} > PY^{bc} = SR^{bc} > PK^{bf} > PR^{bd} > LP^{d}$

จากการเปรียบเทียบพบปริมาณใน outdoor > indoor > personal ในทุกพื้นที่ศึกษา ดังนั้นจึงทำให้เราทราบว่าสารมาจากแหล่งกำเนิดรถยนต์เป็นหลักนั้นและปริมาณในแต่ละที่นั้นไม่ได้มีแนวโน้มความสัมพันธ์กันในทั้งสาม ลักษณะ เนื่องมาจากลักษณะบ้านและกิจกรรมที่แตกต่างกัน

จากตารางที่ 4.11 และ 4.12 นั้นจะเห็นว่าจากการศึกษาทั้ง roadside และ non-roadside ในเขตกรุงเทพมหานครมีปริมาณ m-Xylene และ p-Xylene เฉลี่ยภายนอกอาคารเท่ากับ 26.2 และ 21.5 $\mu g/m^3$ สำหรับบริเวณที่พักอาศัยที่อยู่ริมถนน (roadside) และ 14.8 และ11.3 $\mu g/m^3$ สำหรับบริเวณที่พักอาศัยพื้นที่ทั่วไป (non-roadside) เพื่อสามารถเปรียบเทียบกับการศึกษาของคนอื่นได้จึงนำค่าที่วิเคราะห์ของทั้งสองตัวมารวมกันและใช้เป็น m,p-Xylene มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 47.7 $\mu g/m^3$ สำหรับบริเวณที่พักอาศัยที่อยู่ริมถนน (roadside) และ 26.1 $\mu g/m^3$ สำหรับบริเวณที่พักอาศัยพื้นที่ทั่วไป (non-roadside) ซึ่งจากการศึกษาของ Ivan และ Christopher (1997) ทำการศึกษาในเขตกรุงเทพมหานคร ซึ่งไม่ได้ระบุจุดเก็บตัวอย่าง พบปริมาณเฉลี่ยของ m,p-Xylene อยู่ในช่วง 8.9-249 $\mu g/m^3$ ซึ่งเป็นช่วงกว้างมาก จึงทำให้ปริมาณจากการศึกษาครั้งนี้อยู่ในช่วงที่ตรวจพบ และจากการศึกษาของ วรรณา และคณะ (2545) ทำการศึกษาในเขตกรุงเทพมหานคร ซึ่งมีจุดเก็บตัวอย่าง 4 จุด คือ รัชโยธิน อนุเสาวรีย์ชัย สมรภูมิ สีลม และเยาวราช พบปริมาณ m,p-Xylene เท่ากับ 26.4 36.9 122.6 และ 159.9$\mu g/m^3$ ตามลำดับ พบว่าปริมาณ m,p-Xylene เฉลี่ยจากการศึกษาในครั้งนี้ต่ำกว่าค่าที่ได้จากสีลม และเยาวราช ดังตารางที่ 4.22

จากการศึกษาของต่างประเทศในเขตเมืองในแถบภูมิภาคเอเชีย ที่มะนิลา ประเทศฟิลิปปินส์ (Ivan และ Christopher, 1997) พบปริมาณ m,p-Xylene เท่ากับ ND-170.3 $\mu g/m^3$ ซึ่งค่าที่ได้เป็นช่วงกว้างมากเช่นเดียวกับการศึกษาในกรุงเทพมหานครที่ศึกษาโดย Ivan และ Christopher (1997) พบว่าปริมาณเฉลี่ยสาร m,p-Xylene มีค่าอยู่ในช่วงเดียวกับการศึกษานี้ และ การศึกษาของ Son และคณะ (2003) ในเมือง Seol ประเทศเกาหลี ปริมาณ m,p-Xylene เท่ากับ 38.99 $\mu g/m^3$ ซึ่งต่ำกว่าปริมาณเฉลี่ย roadside จากศึกษาในครั้งนี้รายละเอียดตารางเปรียบเทียบความแตกต่างดังตารางที่ 4.23

บริเวณภายในอาคารที่พักอาศัยในเขตกรุงเทพมหานครมีปริมาณ m –Xylene และ p-Xylene เท่ากับ 17.5 และ 10.5 $\mu g/m^3$ สำหรับบริเวณที่พักอาศัยที่อยู่ริมถนน (roadside) และ 9.5 และ 6.5 $\mu g/m^3$ สำหรับบริเวณที่พักอาศัยพื้นที่ทั่วไป (non-roadside)เพื่อสามารถเปรียบเทียบกับการศึกษาของคนอื่นได้จึงนำค่าที่วิเคราะห์ของทั้งสองตัวมารวมกันและใช้เป็น m,p-Xylene มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 27.0 $\mu g/m^3$ สำหรับบริเวณที่พักอาศัยที่อยู่ริมถนน (roadside) และ 17 $\mu g/m^3$ สำหรับบริเวณที่พักอาศัยพื้นที่ทั่วไป (non-roadside) ซึ่งจากการศึกษาในเมือง Seol ประเทศเกาหลี (Son, และคณะ, 2003) m,p-Xylene 27.5 และ 10.4 $\mu g/m^3$ ตามลำดับ มีค่าเฉลี่ยใกล้เคียงกับการศึกษาในครั้งนี้ จากการศึกษาในเมือง Helsinki ประเทศฟินแลนด์ ของ Kostiainen (1995) และ Edwards และคณะ (2001) พบปริมาณ m,p-Xylene 7.4 และ 3.1 $\mu g/m^3$ ตามลำดับ ซึ่งค่าที่ได้ต่ำกว่าการศึกษาในครั้งนี้ รายละเอียดตารางเปรียบเทียบความแตกต่าง ดังตารางที่ 4.24

ปริมาณการรับสัมผัสสาร m –Xylene และ p-Xylene ในเขตกรุงเทพมหานครมีปริมาณ เท่ากับ 5.1 และ 9.5 $\mu g/m^3$ สำหรับบริเวณที่พักอาศัยที่อยู่ริมถนน (roadside) และ 4.1 และ 5.7 $\mu g/m^3$ สำหรับบริเวณที่พักอาศัยพื้นที่ทั่วไป (non-roadside) เพื่อสามารถเปรียบเทียบกับการศึกษาของ

คนอื่นได้จึงนำค่าที่วิเคราะห์ของทั้งสองตัวมารวมกันและใช้เป็น m,p-Xylene มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 14.6 $\mu g/m^3$ สำหรับบริเวณที่พักอาศัยที่อยู่ริมถนน (roadside) และ 9.8 $\mu g/m^3$ สำหรับบริเวณที่พักอาศัยพื้นที่ทั่วไป (non-roadside) ซึ่งจากขอบเขตการศึกษาในครั้งนี้ได้ลดปัจจัยของกิจกรรมที่แตกต่างกันของผู้ร่วมเก็บตัวอย่างระหว่างวันโดยกำหนดตัวบุคคลที่รับสัมผัสมีกิจกรรมอยู่ภายในบ้านไม่มีการเดินทางไปมาระหว่างบ้านกับที่ทำงาน ซึ่งในการรับสัมผัสในลักษณะนี้ยังไม่พบการศึกษาและสามารถนำเปรียบเทียบได้โดยตรง แต่พบว่ามีการศึกษาการรับสัมผัสของคนที่มีการทำกิจกรรมภายนอกที่พักอาศัยโดยเดินทางไปมาระหว่างบ้านกับที่ทำงาน จากการเปรียบเทียบกับการศึกษาในเขตกรุงเทพมหานคร (Gee และ Sollars, 1998) ซึ่งไม่ได้ระบุจุดเก็บตัวอย่าง พบปริมาณ m,p-Xylene สูงกว่า 5 – 8 เท่า ของการศึกษาในครั้งนี้ และจากการศึกษาในภูมิภาคเอเชียจากการศึกษาในหลายประเทศ อาทิเช่น ในเมือง Seol ประเทศเกาหลี (Son และคณะ, 2003) พบปริมาณ m,p-Xylene สูงกว่า 5 – 8 เท่า ของการศึกษาในครั้งนี้เช่นกัน และการศึกษาในกรุง Manila ประเทศฟิลิปปินส์ โดย Gee และ Sollars (1998) พบปริมาณ m,p-Xylene สูงกว่า 4 – 5 เท่า ของการศึกษาในครั้งนี้ การศึกษาใน Taipei ประเทศไต้หวัน โดย Chan และคณะ (1994) พบปริมาณ m,p-Xylene สูงถึง 10 เท่า ของการศึกษาในครั้งนี้

จากการศึกษาในประเทศอเมริกา และละตินอเมริกา จากการศึกษาโดย Gee และ Sollars (1998) ศึกษาในเขตเมือง อาทิเช่น Caracas ประเทศเวเนซูเอลา Quito ประเทศเอควาดอร์ Santiago ประเทศชิลี และSao Paulo ประเทศบราซิล พบปริมาณ m,p-Xylene ใกล้เคียงกับการศึกษาในครั้งนี้ จากการศึกษาของ Ortiz และคณะ (2001) ประเทศเม็กซิโกพบปริมาณ m,p-Xylene ใกล้เคียงกับการศึกษาในครั้งนี้ และการรับสัมผัสในของบุคคล ประเทศอเมริกา โดย Chan และคณะ (1992) พบปริมาณ m,p-Xylene สูงกว่า 1.5 – 2. เท่า ของการศึกษาในครั้งนี้ ดังตารางที่ 4.26

4.2.3.6 o-Xylene

บริเวณที่พักอาศัยที่อยู่ริมถนน (roadside) พบปริมาณ o-Xylene จากการเก็บตัวอย่างทั้ง 9 พื้นที่ พบว่า ภายนอกอาคารที่พักอาศัย มีปริมาณสูงสุดที่ 22.3 $\mu g/m^3$ ใน พื้นที่ถนนสุขุมวิท และต่ำสุด 16.0 $\mu g/m^3$ ในพื้นที่ถนนศรีนครินทร์ ภายในอาคารที่พักอาศัย มีปริมาณสูงสุด14.5 $\mu g/m^3$ ในพื้นที่ถนนรามอินทรา และต่ำสุด 7.7 $\mu g/m^3$ ในพื้นที่ถนนสุขุมวิท และบุคคลได้รับสัมผัส มีปริมาณสูงสุด 7.2 $\mu g/m^3$ ในพื้นที่ถนนรามอินทรา และต่ำสุด 3.0 $\mu g/m^3$ ในพื้นที่ถนนศรีนครินทร์ และพื้นที่ทั่วไป (non-roadside) ภายนอกอาคารที่พักอาศัยมีปริมาณสูงสุดที่ 16.7 $\mu g/m^3$ ในพื้นที่ถนนสุขุมวิท และต่ำสุด 4.6 $\mu g/m^3$ ในพื้นที่ถนนเพชรเกษม ภายในอาคารที่พักอาศัย มีปริมาณสูงสุด 13.8 $\mu g/m^3$ ในพื้นที่ถนนสุขุมวิท และต่ำสุด 3.1 $\mu g/m^3$ ในพื้นที่ถนนลาดพร้าว และบุคคลได้รับสัมผัส มีปริมาณสูงสุดที่ 13.8 $\mu g/m^3$ ในพื้นที่ถนนสุขุมวิท และต่ำสุด 1.4 $\mu g/m^3$ในพื้นที่ถนนลาดพร้าว รายละเอียดเปรียบเทียบปริมาณ o-Xylene ในแต่ละพื้นที่ ดังตารางที่ 4.13 และ ภาพที่ 4.17

จากการทดสอบความแตกต่างค่าเฉลี่ยของข้อมูลปริมาณความเข้มข้น o-Xylene ทั้ง 9 พื้นที่ ในบริเวณที่พักอาศัยที่อยู่ริมถนน (roadside) และบริเวณที่พักอาศัยพื้นที่ทั่วไป (non-roadside) พบว่า

1) บริเวณที่พักอาศัยที่อยู่ริมถนน (roadside) พบปริมาณ o-Xylene จากการเก็บตัวอย่างทั้ง 9 พื้นที่ จากการเปรียบเทียบความแตกต่างกัน ของแต่ละพื้นที่ โดยแบ่งตามลักษณะเก็บตัวอย่าง ดังนี้

1.1) ภายนอกอาคารที่พักอาศัย (outdoor)

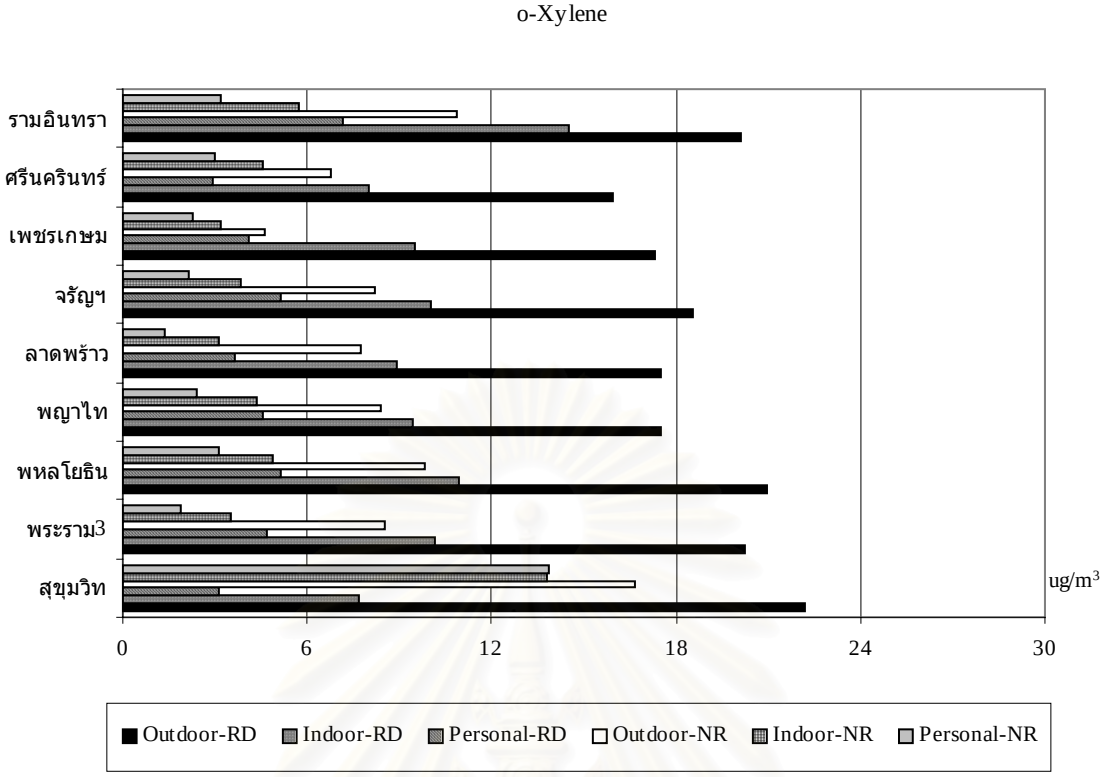
บริเวณภายนอกอาคารที่พักอาศัยทั้ง 9 พื้นที่มีค่าเฉลี่ยของปริมาณ o-Xylene อยู่ในช่วงตั้งแต่ 16.0-22.2 $\mu g/m^3$จากการทดสอบความแตกต่างค่าเฉลี่ยของข้อมูลปริมาณความเข้มข้น o-Xylene ภายนอกอาคารที่พักอาศัย พบว่า $SK^{a} > PT^{ab} > PR^{b} > RT^{b} > JW^{bc} > LP^{c} = PY^{c} > PK^{c} > SR^{d}$

ตารางที่ 4.13 ปริมาณ o-Xylene จากการเก็บตัวอย่างทั้ง 9 พื้นที่ บริเวณที่พักอาศัยที่อยู่ริมถนน (roadside) และพื้นที่ทั่วไป (non-roadside)

พื้นที่ศึกษา	Roadside (RD)			Non-Roadside (NR)		
	outdoor	indoor	personal	outdoor	indoor	personal
พระโขนง (SK)	22.2^{a}	7.7^{a}	3.1^{ab}	16.7^{a}	13.8^{a}	13.8^{a}
ยานนาวา (PR)	20.2^{b}	10.2^{bde}	4.7^{b}	8.5^{bde}	3.5^{bd}	1.9^{bd}
จตุจักร (PT)	21.0^{ab}	10.9^{b}	$5.1b^{c}$	9.8^{bd}	4.9^{bc}	3.1^{c}
ราชเทวี (PY)	17.5^{c}	9.4^{ab}	4.6^{b}	8.4^{be}	4.4^{b}	2.4^{bc}
บางกะปิ (LP)	17.5^{c}	8.9^{ad}	3.6^{ab}	7.8^{be}	3.1^{d}	1.4^{d}
บางกอกน้อย (JW)	18.6^{bc}	10.0^{bd}	5.1^{bc}	8.2^{be}	3.8^{bd}	2.2^{bcd}
บางแค (PK)	17.3^{c}	8.2^{a}	4.1^{b}	4.6^{c}	3.2^{d}	2.3^{bc}
ประเวศ (SR)	16.0^{d}	8.0^{ae}	3.0^{a}	6.7^{ce}	4.5^{bcd}	3.0^{c}
คันนายาว (RT)	20.1^{b}	14.5^{c}	7.2^{c}	10.9^{d}	5.8^{c}	3.2^{c}
ค่าเฉลี่ยทั้งหมด	18.9	9.8	4.5	9.1	5.2	3.7

หมายเหตุ : ตัวอักษรที่มุมขวาด้านบนที่ต่างกัน หมายถึง มีความแตกต่างกันของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญที่ความเชื่อมั่น 95%

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาพที่ 4.17 ปริมาณเฉลี่ยของ o-Xylene ที่ตรวจพบใน 9 พื้นที่ศึกษาในเขตกรุงเทพมหานคร

1.2) ภายในอาคารที่พักอาศัย (indoor)

บริเวณภายในอาคารที่พักอาศัยทั้ง 9 พื้นที่มีค่าเฉลี่ยของปริมาณ o-Xylene อยู่ในช่วงตั้งแต่ 7.7-14.5 $\mu g/m^3$ จากการทดสอบความแตกต่างค่าเฉลี่ยของข้อมูลปริมาณความเข้มข้น o-Xylene ภายในอาคารที่พักอาศัย พบว่า $RT^{c} > PT^{b} > PR^{bde} > JW^{bd} > PY^{ab} > LP^{ad} > PK^{a} > SR^{ae} > SK^{a}$

1.3) บุคคลได้รับสัมผัส (personal)

การรับสัมผัสสาร o-Xylene ของบุคคลทั่วไปในที่พักอาศัยทั้ง 9 พื้นที่มีค่าเฉลี่ยของปริมาณ o-Xylene อยู่ในช่วงตั้งแต่ 3.0-7.2 $\mu g/m^3$ จากการทดสอบความแตกต่างค่าเฉลี่ยของข้อมูลปริมาณความเข้มข้น o-Xylene ภายในอาคารที่พักอาศัย พบว่า $RT^{c} > JW^{bc} = PT^{bc} > PR^{b} > PY^{b} > PK^{b} > LP^{ab} > SK^{ab} > SR^{a}$

จากการเปรียบเทียบปริมาณ ค่าเฉลี่ยของปริมาณ o-Xylene ทั้ง 9 พื้นที่ เราจะพบว่าปริมาณ outdoor สูงสุดที่สุขุมวิท แต่ indoor และ personal นั้นไม่ได้มีความสัมพันธ์ในทางเดียวกัน ดังที่กล่าวใน Benzene และจากการเปรียบเทียบพบว่าปริมาณใน outdoor > indoor > personal ในทุกพื้นที่ศึกษา ดังนั้นจึงทำให้เราทราบว่าสารมาจากแหล่งกำเนิดรถยนต์เป็นหลัก

2) บริเวณที่พักอาศัยพื้นที่ทั่วไป (non-roadside) พบปริมาณ o-Xylene จากการเก็บตัวอย่างทั้ง 9 พื้นที่ โดยแบ่งตามลักษณะเก็บตัวอย่าง ดังนี้

2.1) ภายนอกอาคารที่พักอาศัย (outdoor)

บริเวณภายนอกอาคารที่พักอาศัยทั้ง 9 พื้นที่มีค่าเฉลี่ยของปริมาณ o-Xylene อยู่ในช่วงตั้งแต่ 4.6-16.7 $\mu g/m^3$ จากการทดสอบความแตกต่างค่าเฉลี่ยของข้อมูลปริมาณความเข้มข้น o-Xylene ภายนอกอาคารที่พักอาศัย พบว่า $SK^{a} > RT^{c} > PT^{bd} > PR^{bde} > PY^{be} > JW^{be} > LP^{be} > SR^{ce} > PK^{c}$

2.2) ภายในอาคารที่พักอาศัย (indoor)

บริเวณภายในอาคารที่พักอาศัยทั้ง 9 พื้นที่มีค่าเฉลี่ยของปริมาณ o-Xylene อยู่ในช่วงตั้งแต่ 3.1-13.8 $\mu g/m^3$ จากการทดสอบความแตกต่างค่าเฉลี่ยของข้อมูลปริมาณความเข้มข้น o-Xylene ภายในอาคารที่พักอาศัย พบว่า $SK^{a} > RT^{c} > PT^{bc} > SR^{bcd} > PY^{b} > PK^{d} > JW^{bd} > PR^{bd} > LP^{d}$

2.3) บุคคลได้รับสัมผัส (personal)

การรับสัมผัสของสาร o-Xylene ของบุคคลทั่วไปในที่พักอาศัยทั้ง 9 พื้นที่มีค่าเฉลี่ยของปริมาณ o-Xylene อยู่ในช่วงตั้งแต่ 1.4-13.8 $\mu g/m^3$ จากการทดสอบความแตกต่างค่าเฉลี่ยของข้อมูลปริมาณความเข้มข้น m-Xylene ภายในอาคารที่พักอาศัย พบว่า $SK^{a} > RT^{c} > PT^{c} > SR^{c} > PY^{bc} > PK^{bc} > JW^{bcd} > PR^{bd} > LP^{d}$

จากการเปรียบเทียบพบปริมาณใน outdoor > indoor > personal ในทุกพื้นที่ศึกษา ดังนั้นจึงทำให้เราทราบว่าสารมาจากแหล่งกำเนิดรถยนต์เป็นหลักนั้นและปริมาณในแต่ละที่นั้นไม่ได้แนวโน้มสัมพันธ์กันทั้งสามลักษณะเนื่องมาจากลักษณะบ้านและกิจกรรมที่แตกต่างกัน

จากตารางที่ 4.13 นั้นจะเห็นว่าจากการศึกษาทั้ง roadside และ non-roadside ในเขตกรุงเทพมหานครมีปริมาณ o-Xylene เฉลี่ยภายนอกอาคาร เท่ากับ 18.9 $\mu g/m^3$ สำหรับบริเวณที่พักอาศัยที่อยู่ริมถนน (roadside) และ 9.1 $\mu g/m^3$ สำหรับบริเวณที่พักอาศัยพื้นที่ทั่วไป (non-roadside) ซึ่งจากการศึกษาเปรียบเทียบกับของ วรรณา และคณะ (2545) ทำการศึกษาในเขตกรุงเทพมหานคร ซึ่งมีจุดเก็บตัวอย่าง 4 จุด คือ รัชโยธิน อนุเสาวรีย์ชัยสมรภูมิ สีลม และเยาวราช ซึ่งพบปริมาณสารเพียง 3 จุด ยกเว้นที่รัชโยธินและพบปริมาณ o-Xylene ทั้ง 3 จุด มีค่าเท่ากับ 35.2 74.1 และ 82.0 $\mu g/m^3$ ตามลำดับ พบว่าปริมาณ o-Xylene เฉลี่ยจากการศึกษาในครั้งนี้ต่ำกว่าค่าที่ได้จากทั้ง3 จุดเก็บตัวอย่าง จากการศึกษาของต่างประเทศในเขตเมืองในแถบภูมิภาคเอเชียของ Son และคณะ (2003) ศึกษาในเมือง Seol ประเทศเกาหลี พบปริมาณ o-Xylene 50.52 $\mu g/m^3$ สูงกว่า การศึกษาในครั้งนี้ รายละเอียดดังตารางที่ 4.22 และ 4.23

บริเวณภายในอาคารที่พักอาศัยมีปริมาณ o-Xylene ในเขตกรุงเทพมหานครมีค่าเฉลี่ยภายในอาคารเท่ากับ 9.8 $\mu g/m^3$ สำหรับบริเวณที่พักอาศัยที่อยู่ริมถนน (roadside) และ 5.2 $\mu g/m^3$ สำหรับบริเวณที่พักอาศัยพื้นที่ทั่วไป (non-roadside) ซึ่งจากการศึกษาในเมือง Seol ประเทศเกาหลี (Son และคณะ, 2003) ศึกษาพบปริมาณ o-Xylene เท่ากับ 33.5 $\mu g/m^3$ พบว่าในเมือง Seol สูงกว่าการศึกษาในครั้งนี้ และจากการศึกษาในเมือง Helsinki ประเทศฟินแลนด์ ของ Kostiainen (1995) และ Edward และ

คณะ (2001) พบปริมาณ o-Xylene เท่ากับ 2.4 และ1.3 μg/m^3 ตามลำดับ พบว่าต่ำกว่าการศึกษาในครั้งนี้ รายละเอียดดังตารางที่ 4.24

ปริมาณการรับสัมผัสสาร o-Xylene ในเขตกรุงเทพมหานครพบค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.5 μg/m^{3}สำหรับบริเวณที่พักอาศัยที่อยู่ริมถนน (roadside) และ 3.7 μg/m^3 สำหรับบริเวณที่พักอาศัยพื้นที่ทั่วไป (non-roadside) ซึ่งจากขอบเขตการศึกษาในครั้งนี้ได้ลดปัจจัยของกิจกรรมที่แตกต่างกันของผู้ร่วมเก็บตัวอย่างระหว่างวันโดยกำหนดตัวบุคคลที่รับสัมผัสมีกิจกรรมอยู่ภายในบ้านไม่มีการเดินทางไปมาระหว่างบ้านกับที่ทำงาน ซึ่งในการรับสัมผัสในลักษณะนี้ยังไม่พบการศึกษาและสามารถนำเปรียบเทียบได้โดยตรง แต่พบว่ามีการศึกษาการรับสัมผัสของคนที่มีการทำกิจกรรมภายนอกที่พักอาศัยโดยเดินทางไปมาระหว่างบ้านกับที่ทำงานจากการศึกษาโดย Gee และ Sollars (1998) ทำการศึกษาในเขตกรุงเทพมหานคร พบปริมาณ o-Xylene สูงกว่า 6 – 8 เท่า ของการศึกษาในครั้งนี้ และจากการศึกษาในภูมิภาคเอเชียจากการศึกษาในหลายประเทศ อาทิเช่น จากการศึกษาโดย Son และคณะ (2003) ในเมือง Seol และ Asan ประเทศเกาหลี พบปริมาณ o-Xylene สูงกว่า 9 – 11 เท่าของการศึกษาครั้งนี้ การศึกษาใน Manila ประเทศฟิลิปปินส์ โดย Gee และ Sollars (1998) พบปริมาณ o-Xylene จากการรับสัมผัสของบุคคลสูงกว่า 4 เท่าของการศึกษาในครั้งนี้ ซึ่งคล้ายกับการศึกษาที่พบใน Taipei ประเทศไต้หวัน โดย Chan และคณะ (1994) พบปริมาณ o-Xylene สูงถึง 25 – 26 เท่าของการศึกษาครั้งนี้ และจากการศึกษาในประเทศอเมริกาและประเทศละตินอเมริกา จากการศึกษาโดย Gee และ Sollars (1998)ได้ศึกษาในเขตเมือง อาทิเช่น Caracas ประเทศเวเนซูเอลา Quito ประเทศเอควาดอร์ Santiagoประเทศชิลี และSao Paulo ประเทศบราซิล พบปริมาณ o-Xylene ใกล้เคียงกับการศึกษาในครั้งนี้ จากการศึกษาของ Ortiz และคณะ (2001)ในประเทศเม็กซิโกพบปริมาณ o-Xylene สูงกว่า 2 เท่า และการรับสัมผัสในของบุคคลในประเทศอเมริกา โดย Chan และคณะ (1992) พบปริมาณ o-Xylene สูงกว่า 2 เท่าของการศึกษาในครั้งนี้ ดังตารางที่ 4.25 และ 4.26

4.2.3.7 3-Ethyltoluene

บริเวณที่พักอาศัยที่อยู่ริมถนน (roadside) พบปริมาณ 3-Ethyltoluene จากการเก็บตัวอย่างทั้ง 9 พื้นที่ พบว่า ภายนอกอาคารที่พักอาศัย มีปริมาณสูงสุดที่ 8.9 μg/m^3 ใน พื้นที่ถนนสุขุมวิท และต่ำสุด 7.4 μg/m^3 ในพื้นที่ถนนศรีนครินทร์ ภายในอาคารที่พักอาศัย มีปริมาณสูงสุด 5.0 μg/m^3 ในพื้นที่ถนนรามอินทรา และต่ำสุด 2.3 μg/m^3 ในพื้นที่ถนนสุขุมวิท และบุคคลได้รับสัมผัส มีปริมาณสูงสุด 2.8 μg/m^3 ในพื้นที่ถนนรามอินทรา และต่ำสุด 1.1 μg/m^3 ในพื้นที่ถนนสุขุมวิท และพื้นที่ทั่วไป (non-roadside) ภายนอกอาคารที่พักอาศัยมีปริมาณสูงสุดที่ 4.0 μg/m^{3}ในพื้นที่ถนนพระราม3 และต่ำสุด คือมีค่าต่ำกว่า LOD ที่ระดับ 0.03 ng/m^3 ในพื้นที่ถนนจรัญสนิทวงศ์ ภายในอาคารที่พักอาศัย มีปริมาณสูงสุด 2.0 μg/m^3 ในพื้นที่ถนนพหลโยธิน และต่ำสุด คือมีค่าต่ำกว่า LOD ที่ระดับ 0.03 ng/m^3 ในพื้นที่ถนนพระราม3 ลาดพร้าว จรัญสนิทวงศ์ และเพชรเกษม และบุคคลได้รับสัมผัส มีปริมาณสูงสุดที่ 1.7

$\mu g/m^3$ ในพื้นที่ถนนพหลโยธิน และต่ำสุด คือมีค่าต่ำกว่า LOD ที่ระดับ 0.03 ng/m^3 ในพื้นที่ถนนพระราม 3 ลาดพร้าว จรัญสนทวงศ์ และเพชรเกษม รายละเอียดเปรียบเทียบปริมาณ 3-Ethyltoluene ในแต่ละพื้นที่ ดังตารางที่ 4.14 และ ภาพที่ 4.18

จากการทดสอบความแตกต่างค่าเฉลี่ยของข้อมูลปริมาณความเข้มข้น 3-Ethyltoluene ทั้ง 9 พื้นที่ ในบริเวณที่พักอาศัยที่อยู่ริมถนน (roadside) และบริเวณที่พักอาศัยพื้นที่ทั่วไป (non-roadside) พบว่า

1) บริเวณที่พักอาศัยที่อยู่ริมถนน (roadside) พบปริมาณ 3-Ethyltoluene จากการเก็บตัวอย่างทั้ง 9 พื้นที่ จากการเปรียบเทียบความแตกต่างกัน ของแต่ละพื้นที่ โดยแบ่งตามลักษณะเก็บตัวอย่างดังนี้

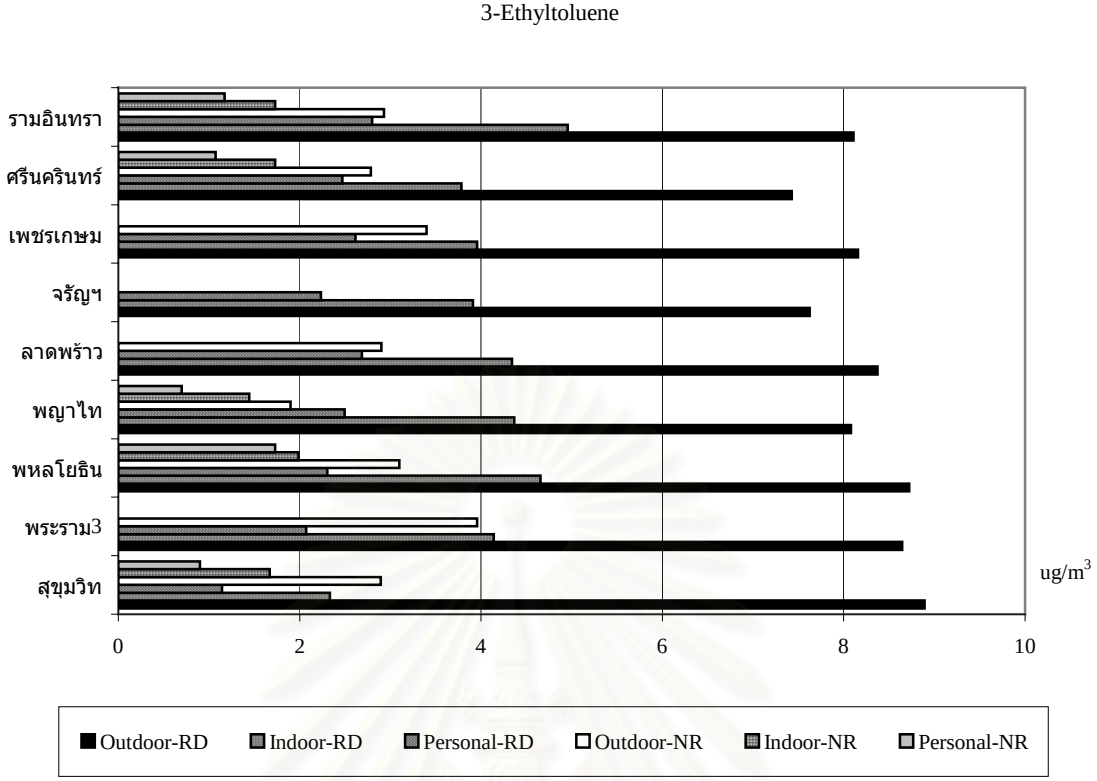
1.1) ภายนอกอาคารที่พักอาศัย (outdoor)

บริเวณภายนอกอาคารที่พักอาศัยทั้ง 9 พื้นที่มีค่าเฉลี่ยของปริมาณ 3-Ethyltoluene อยู่ในช่วงตั้งแต่ 7.4-8.9 $\mu g/m^3$จากการทดสอบความแตกต่างค่าเฉลี่ยของข้อมูลปริมาณความเข้มข้น 3-Ethyltoluene ภายนอกอาคารที่พักอาศัย พบว่า $SK^{a} > PT^{ab} > PR^{ab} > LP^{ab} > PK^{ab} > RT^{ac} = PY^{bc} > JW^{bc} > SR^{c}$

ตารางที่ 4.14 ปริมาณ 3-Ethyltoluene จากการเก็บตัวอย่างทั้ง 9 พื้นที่ บริเวณที่พักอาศัยที่อยู่ริมถนน (roadside) และพื้นที่ทั่วไป (non-roadside)

พื้นที่ศึกษา	Roadside (RD)			Non-Roadside (NR)		
	outdoor	indoor	personal	outdoor	indoor	personal
พระโขนง (SK)	8.9^{a}	2.3^{a}	1.1^{a}	2.9^{ac}	1.7^{a}	0.9^{abc}
ยานนาวา (PR)	8.6^{ab}	4.1^{b}	2.1^{b}	4.0^{a}	Nd	Nd
จตุจักร (PT)	8.7^{ab}	4.7^{b}	2.3^{b}	3.1^{a}	2.0^{a}	1.7^{a}
ราชเทวี (PY)	8.1^{bc}	4.4^{b}	2.5^{b}	1.9^{c}	1.4^{b}	0.7^{c}
บางกะปิ (LP)	8.4^{a}	4.3^{b}	2.7^{b}	2.9^{a}	Nd	Nd
บางกอกน้อย (JW)	7.6^{bc}	3.9^{b}	2.2^{b}	Nd	Nd	Nd
บางแค (PK)	8.2^{b}	4.7^{b}	2.6^{b}	3.4^{a}	Nd	Nd
ประเวศ (SR)	7.4^{c}	3.8^{b}	2.5^{b}	2.8^{ac}	1.7^{a}	1.1^{ac}
คันนายาว (RT)	8.1^{ac}	5.0^{b}	2.8^{b}	2.9^{a}	1.7^{a}	1.2^{ac}
ค่าเฉลี่ยทั้งหมด	8.2	4.1	2.3	3.0	1.7	0.7

หมายเหตุ : ตัวอักษรที่มุมขวาด้านบนที่ต่างกัน หมายถึงมีความแตกต่างกันของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญที่ความเชื่อมั่น95%



ภาพที่ 4.18 ปริมาณเฉลี่ยของ 3-Ethyltoluene ที่ตรวจพบใน 9 พื้นที่ศึกษาในเขตกรุงเทพมหานคร

1.2) ภายในอาคารที่พักอาศัย (indoor)

บริเวณภายในอาคารที่พักอาศัยทั้ง 9 พื้นที่มีค่าเฉลี่ยของปริมาณ 3-Ethyltoluene อยู่ในช่วงตั้งแต่ 2.3-5.0 $\mu g/m^3$ จากการทดสอบความแตกต่างค่าเฉลี่ยของข้อมูลปริมาณความเข้มข้น 3-Ethyltoluene ภายในอาคารที่พักอาศัย พบว่า $RT^b > PK^b = PT^b > PY^b > LP^b > PR^b > JW^b > SR^b > SK^a$

1.3) บุคคลได้รับสัมผัส (personal)

การรับสัมผัสของบุคคลทั่วไปใน ที่พักอาศัยทั้ง 9 พื้นที่มีค่าเฉลี่ยของปริมาณ 3-Ethyltoluene อยู่ในช่วงตั้งแต่ 1.1-2.8 $\mu g/m^3$ จากการทดสอบความแตกต่างค่าเฉลี่ยของข้อมูลปริมาณความเข้มข้น p-Xylene ภายในอาคารที่พักอาศัย พบว่า $RT^b > LP^b > PK^b > PY^b = SR^b > PT^b > JW^b > PR^b > SK^a$

จากการเปรียบเทียบปริมาณ ค่าเฉลี่ยของปริมาณ 3-Ethyltoluene ทั้ง 9 พื้นที่ เราจะพบว่า ปริมาณ outdoor สูงสุดที่ ถนนสุขุมวิท แต่ indoor และ personal นั้นไม่ได้มีแนวโน้มไปในทางเดียวกัน ดังที่กล่าวใน Benzene และจากการเปรียบเทียบพบว่าปริมาณใน outdoor > indoor > personal ในทุกพื้นที่ศึกษา ดังนั้นจึงทำให้เราทราบว่าสารมาจากแหล่งกำเนิดรถยนต์เป็นหลัก

2) บริเวณที่พักอาศัยพื้นที่ทั่วไป (non-roadside) พบปริมาณ 3-Ethyltoluene จากการเก็บตัวอย่างทั้ง 9 พื้นที่ โดยแบ่งตามลักษณะเก็บตัวอย่าง ดังนี้

2.1) ภายนอกอาคารที่พักอาศัย (outdoor)

บริเวณภายนอกอาคารที่พักอาศัยทั้ง 9 พื้นที่มีค่าเฉลี่ยของปริมาณ 3-Ethyltoluene อยู่ในช่วงตั้งแต่ Nd-4.0 $\mu g/m^3$ จากการทดสอบความแตกต่างค่าเฉลี่ยของข้อมูลปริมาณความเข้มข้น p-Xylene ภายนอกอาคารที่พักอาศัย พบว่า $PR^a > PK^a > PT^a > SK^{ac} = LP^a = RT^a > SR^{ac} > PY^c > JW^b$

2.2) ภายในอาคารที่พักอาศัย (indoor)

บริเวณภายในอาคารที่พักอาศัยทั้ง 9 พื้นที่มีค่าเฉลี่ยของปริมาณ 3-Ethyltoluene อยู่ในช่วงตั้งแต่ Nd-4.0 $\mu g/m^3$จากการทดสอบความแตกต่างค่าเฉลี่ยของข้อมูลปริมาณความเข้มข้น 3-Ethyltoluene ภายในอาคารที่พักอาศัย พบว่า $PT^a > SK^a = SR^a = RT^a > PY^b$ และไม่พบใน LP JW PR PK

2.3) บุคคลได้รับสัมผัส (personal)

การรับสัมผัสของบุคคลทั่วไปในที่พักอาศัยทั้ง 9 พื้นที่มีค่าเฉลี่ยของปริมาณ 3-Ethyltoluene อยู่ในช่วงตั้งแต่ Nd-1.7 $\mu g/m^3$ จากการทดสอบความแตกต่างค่าเฉลี่ยของข้อมูลปริมาณความเข้มข้น m-Xylene ภายในอาคารที่พักอาศัย พบว่า $PT^a > RT^{ac} > SR^{ac} > SK^{abc} > PY^c$ และไม่พบใน LP JW PR PK

จากการเปรียบเทียบพบปริมาณใน outdoor > indoor > personal ในทุกพื้นที่ศึกษา ดังนั้นจึงทำให้เราทราบว่าสารมาจากแหล่งกำเนิดรถยนต์เป็นหลักนั้นและปริมาณในแต่ละที่นั้นไม่ได้มีแนวโน้มสัมพันธ์กันในทั้งสามลักษณะ เนื่องมาจากลักษณะบ้านและกิจกรรมที่แตกต่างกัน

ทั้งนี้ไม่สามารถวิเคราะห์เปรียบเทียบกับการศึกษาอื่นๆได้ เนื่องจากไม่มีข้อมูล

4.2.3.8 4-Ethyltoluene

บริเวณที่พักอาศัยที่อยู่ริมถนน (roadside) พบปริมาณ 4-Ethyltoluene จากการเก็บตัวอย่างทั้ง 9 พื้นที่ พบว่า ภายนอกอาคารที่พักอาศัย มีปริมาณสูงสุดที่ 7.9 $\mu g/m^3$ ใน พื้นที่สุขุมวิท และต่ำสุด 6.4 $\mu g/m^3$ ในพื้นที่ เพชรเกษม ภายในอาคารที่พักอาศัย มีปริมาณสูงสุด 4.1 $\mu g/m^3$ ในพื้นที่พหลโยธิน และต่ำสุด 2.4 $\mu g/m^3$ ในพื้นที่สุขุมวิท และตัวบุคคล มีปริมาณสูงสุด 2.5 $\mu g/m^3$ ในพื้นที่พญาไท และศรีนครินทร์ และต่ำสุด 1.3 $\mu g/m^3$ ในพื้นที่ สุขุมวิท และพื้นที่ทั่วไป (non-roadside) ภายนอกอาคารที่พักอาศัยมีปริมาณสูงสุดที่ 3.3 $\mu g/m^3$ ในพื้นที่ศรีนครินทร์ และต่ำสุดมีค่าต่ำกว่า LOD ที่ระดับ 0.04 ng/m^3 ในพื้นที่ จรัญสนิทวงศ์ และเพชรเกษม ภายในอาคารที่พักอาศัย มีปริมาณสูงสุด 1.8 $\mu g/m^3$ ในพื้นที่สุขุมวิท และต่ำสุดมีค่าต่ำกว่า LOD ที่ระดับ 0.04 ng/m^3 ในพื้นที่พระราม3 พหลโยธิน ลาดพร้าว จรัญสนิทวงศ์ เพชรเกษม และรามอินทรา และตัวบุคคล มีปริมาณสูงสุดที่ 1.1 $\mu g/m^3$ ในพื้นที่สุขุมวิท และศรีนครินทร์ และต่ำสุด มีค่าต่ำกว่า LOD ที่ระดับ 0.04 ng/m^3 ในพื้นที่ พระราม3 พหลโยธิน

ลาดพร้าว จรัญสนิทวงศ์ เพชรเกษม และรามอินทรา รายละเอียดเปรียบเทียบปริมาณ 4-Ethyltoluene ในแต่ละพื้นที่ ดังตารางที่ 4.15 และ ภาพที่ 4.19

จากการทดสอบความแตกต่างค่าเฉลี่ยของข้อมูลปริมาณความเข้มข้น 4-Ethyltoluene ทั้ง 9 พื้นที่ ในบริเวณที่พักอาศัยที่อยู่ริมถนน (roadside) และบริเวณที่พักอาศัยพื้นที่ทั่วไป (non-roadside) พบว่า

1) บริเวณที่พักอาศัยที่อยู่ริมถนน (roadside) พบปริมาณ 4-Ethyltoluene จากการเก็บตัวอย่างทั้ง 9 พื้นที่ จากการเปรียบเทียบความแตกต่างกัน ของแต่ละพื้นที่ โดยแบ่งตามลักษณะเก็บตัวอย่างดังนี้

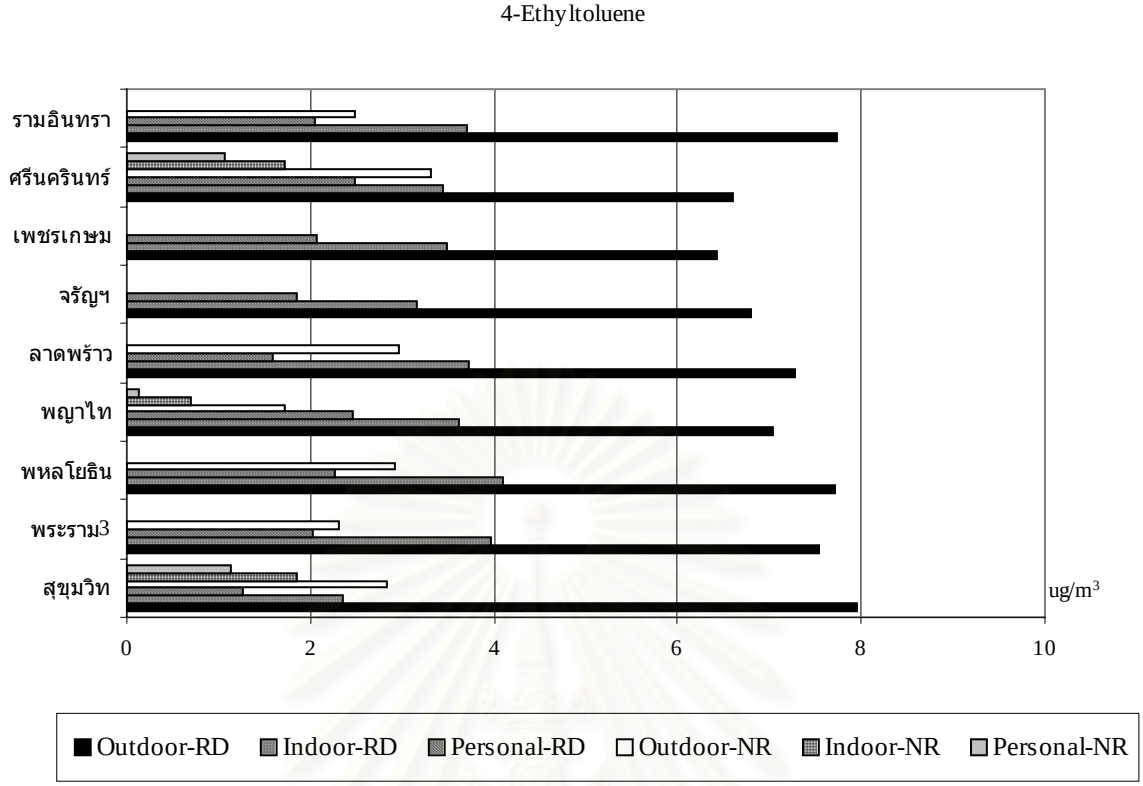
1.1) ภายนอกอาคารที่พักอาศัย (outdoor)

บริเวณภายนอกอาคารที่พักอาศัยทั้ง 9 พื้นที่มีค่าเฉลี่ยของปริมาณ 4-Ethyltoluene อยู่ในช่วงตั้งแต่ 6.4-8.0 $\mu g/m^3$จากการทดสอบความแตกต่างค่าเฉลี่ยของข้อมูลปริมาณความเข้มข้น 4-Ethyltoluene ภายนอกอาคารที่พักอาศัย พบว่า $SK^{a} > PT^{ab} = RT^{ab} > PR^{ab} > LP^{abd} > PY^{bc} > JW^{abc} > SR^{cd} > PK^{c}$

ตารางที่ 4.15 ปริมาณ 4-Ethyltoluene จากการเก็บตัวอย่างทั้ง 9 พื้นที่ บริเวณที่พักอาศัยที่อยู่ริมถนน (roadside) และพื้นที่ทั่วไป (non-roadside)

พื้นที่ศึกษา	Roadside (RD)			Non-Roadside (NR)		
	outdoor	indoor	personal	outdoor	indoor	personal
พระโขนง (SK)	8.0^{a}	2.4^{a}	1.3^{a}	2.8^{ac}	1.8^{a}	1.1^{a}
ยานนาวา (PR)	7.5^{ab}	4.0^{ab}	2.0^{ab}	2.3^{ac}	Nd	Nd
จตุจักร (PT)	7.7^{ab}	4.1^{b}	2.3^{b}	2.9^{a}	Nd	Nd
ราชเทวี (PY)	7.0^{bd}	3.6^{b}	2.5^{b}	1.7^{c}	0.7^{b}	0.1^{b}
บางกะปิ (LP)	7.3^{abd}	3.7^{b}	1.6^{ab}	3.0^{a}	Nd	Nd
บางกอกน้อย (JW)	6.8^{abc}	3.2^{ab}	1.8^{ab}	Nd	Nd	Nd
บางแค (PK)	6.4^{c}	3.9^{b}	2.1^{b}	Nd	Nd	Nd
ประเวศ (SR)	6.6^{cd}	3.4^{ab}	2.5^{b}	3.3^{a}	1.7^{a}	1.1^{a}
คันนายาว (RT)	7.7^{ab}	3.7^{b}	2.1^{b}	2.5^{ac}	Nd	Nd
ค่าเฉลี่ยทั้งหมด	7.2	3.6	2.0	2.6	1.4	0.8

หมายเหตุ: ตัวอักษรที่มุมขวาด้านบนที่ต่างกัน หมายถึง มีความแตกต่างกันของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญที่ความเชื่อมั่น 95 %



ภาพที่ 4.19 ปริมาณเฉลี่ยของ 4-Ethyltoluene ที่ตรวจพบใน 9 พื้นที่ศึกษาในเขตกรุงเทพมหานคร

1.2) ภายในอาคารที่พักอาศัย (indoor)

บริเวณภายในอาคารที่พักอาศัยทั้ง 9 พื้นที่มีค่าเฉลี่ยของปริมาณ 4-Ethyltoluene อยู่ในช่วงตั้งแต่ 2.4-4.1 $\mu g/m^3$ จากการทดสอบความแตกต่างค่าเฉลี่ยของข้อมูลปริมาณความเข้มข้น 4-Ethyltoluene ภายในอาคารที่พักอาศัย พบว่า $PT^{b} > PR^{b} > PK^{b} > LP^{b} = RT^{b} > PY^{b} > SR^{ab} > JW^{ab} > SK^{a}$

1.3) บุคคลได้รับสัมผัส (personal)

การรับสัมผัสของบุคคลทั่วไปใน ที่พักอาศัยทั้ง 9 พื้นที่มีค่าเฉลี่ยของปริมาณ 4-Ethyltoluene อยู่ในช่วงตั้งแต่ 1.3-2.5 $\mu g/m^3$ จากการทดสอบความแตกต่างค่าเฉลี่ยของข้อมูลปริมาณความเข้มข้น 4-Ethyltoluene ภายในอาคารที่พักอาศัย พบว่า $PY^{b} = SR^{b} > PT^{b} > PK^{b} = RT^{ab} > PR^{ab} > JW^{ab} > LP^{ab} > SK^{a}$

จากการเปรียบเทียบปริมาณ ค่าเฉลี่ยของปริมาณ 4-Ethyltoluene ทั้ง 9 พื้นที่ เราจะพบว่า ปริมาณ outdoor สูงสุดที่ ถนนสุขุมวิท แต่ indoor และ personal นั้นไม่ได้มีความสัมพันธ์ในทางเดียวกัน ดังที่กล่าวใน Benzene และจากการเปรียบเทียบพบว่าปริมาณใน outdoor > indoor > personal ในทุกพื้นที่ศึกษา ดังนั้นจึงทำให้เราทราบว่าสารมาจากแหล่งกำเนิดรถยนต์เป็นหลัก

2) บริเวณที่พักอาศัยพื้นที่ทั่วไป (non-roadside) พบปริมาณ 4-Ethyltoluene จากการเก็บตัวอย่างทั้ง 9 พื้นที่ โดยแบ่งตามลักษณะเก็บตัวอย่าง ดังนี้

2.1) ภายนอกอาคารที่พักอาศัย (outdoor)

บริเวณภายนอกอาคารที่พักอาศัยทั้ง 9 พื้นที่มีค่าเฉลี่ยของปริมาณ 4-Ethyltoluene อยู่ในช่วงตั้งแต่ Nd-3.3 $\mu g/m^3$ จากการทดสอบความแตกต่างค่าเฉลี่ยของข้อมูลปริมาณความเข้มข้น 4-Ethyltoluene ภายนอกอาคารที่พักอาศัย พบว่า $SR^a > LP^a > PT^a > SK^{ac} > RT^{ac} > PR^{ac} > PY^a$ และไม่พบใน JW PK

2.2) ภายในอาคารที่พักอาศัย (indoor)

บริเวณภายในอาคารที่พักอาศัยทั้ง 9 พื้นที่มีค่าเฉลี่ยของปริมาณ 4-Ethyltoluene อยู่ในช่วงตั้งแต่ Nd-1.8 $\mu g/m^3$ จากการทดสอบความแตกต่างค่าเฉลี่ยของข้อมูลปริมาณความเข้มข้น 4-Ethyltoluene ภายในอาคารที่พักอาศัย พบว่า $SK^a = SR^a > PY^b$ และไม่พบใน RT PT JW PK PR LP

2.3) บุคคลได้รับสัมผัส (personal)

การรับสัมผัสของบุคคลทั่วไปใน ที่พักอาศัยทั้ง 9 พื้นที่มีค่าเฉลี่ยของปริมาณ 4-Ethyltoluene อยู่ในช่วงตั้งแต่ Nd-1.1 $\mu g/m^3$ จากการทดสอบความแตกต่างค่าเฉลี่ยของข้อมูลปริมาณความเข้มข้น 4-Ethyltoluene ภายในอาคารที่พักอาศัย พบว่า $SK^a = SR^a > PY^b$ และไม่พบใน RT PT JW PK PR LP

จากการเปรียบเทียบพบปริมาณใน outdoor > indoor > personal ในทุกพื้นที่ศึกษา ดังนั้นจึงทำให้เราทราบว่าสารมาจากแหล่งกำเนิดรถยนต์เป็นหลักนั้นและปริมาณในแต่ละที่นั้นไม่ได้มีแนวโน้มสัมพันธ์กันในทั้งสามลักษณะนั้นเนื่องมาจากลักษณะบ้านและกิจกรรมที่แตกต่างกัน

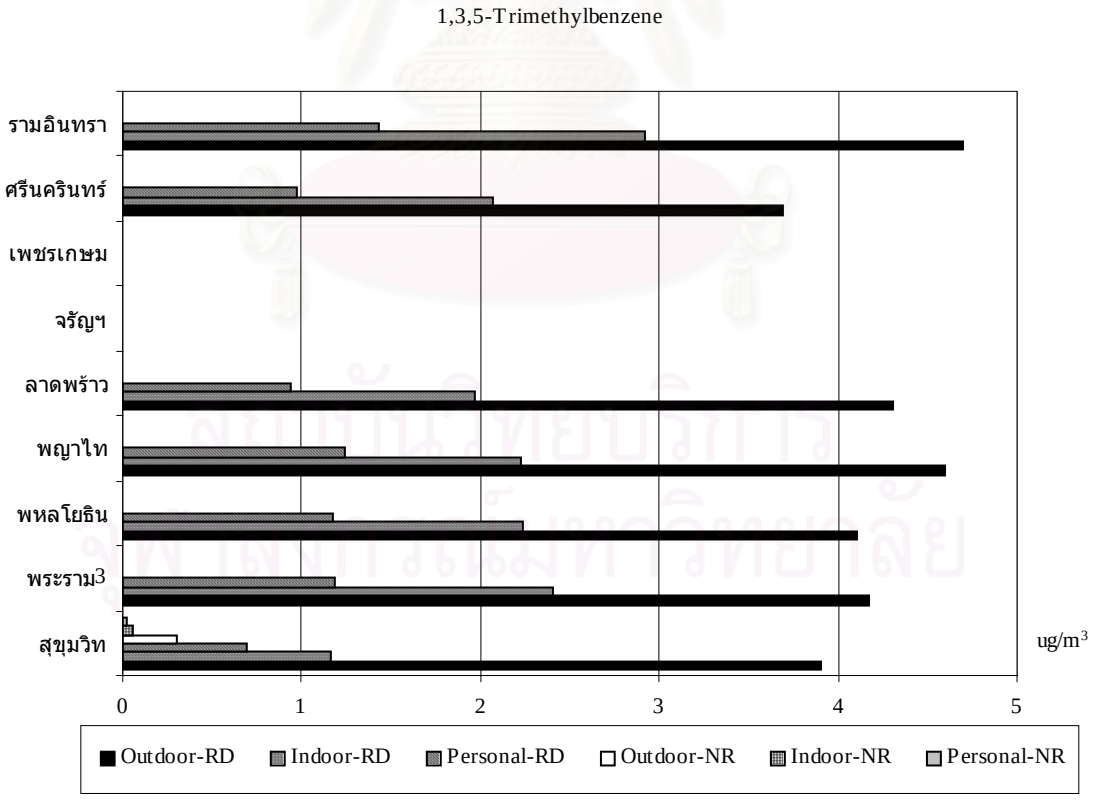
4.2.3.9 1,3,5-Trimethylbenzene

บริเวณที่พักอาศัยที่อยู่ริมถนน (roadside) พบปริมาณ 1,3,5-Trimethylbenzene จากการเก็บตัวอย่างทั้ง 9 พื้นที่ พบว่า ภายนอกอาคารที่พักอาศัย มีปริมาณสูงสุดที่ 4.7 $\mu g/m^3$ ใน พื้นที่รามอินทรา และต่ำสุด คือมีค่าต่ำกว่า LOD ที่ระดับ 0.03 ng/m^3 ในพื้นที่ จรัญสนิทวงศ์ และเพชรเกษม ภายในอาคารที่พักอาศัย มีปริมาณสูงสุด 2.9 $\mu g/m^3$ ในพื้นที่รามอินทรา และต่ำสุด คือมีค่าต่ำกว่า LOD ที่ระดับ 0.03 ng/m^3 ในพื้นที่จรัญสนิทวงศ์ และเพชรเกษม และตัวบุคคล มีปริมาณสูงสุด 1.4 $\mu g/m^3$ ในพื้นที่รามอินทรา และต่ำสุด คือมีค่าต่ำกว่า LOD ที่ระดับ 0.04 ng/m^3 ในพื้นที่ จรัญสนิทวงศ์ และเพชรเกษม และพื้นที่ทั่วไป (non-roadside) ภายนอกอาคารที่พักอาศัยมีปริมาณสูงสุดที่ 0.3 $\mu g/m^3$ ในพื้นที่สุขุมวิท และต่ำสุด คือมีค่าต่ำกว่า LOD ที่ระดับ 0.03 ng/m^3 ในทุกพื้นที่ทำการศึกษาทั้ง 8 เขต ภายในอาคารที่พักอาศัย มีปริมาณสูงสุด 0.1 $\mu g/m^3$ ในพื้นที่สุขุมวิท และต่ำสุด คือมีค่าต่ำกว่า LOD ที่ระดับ 0.03 ng/m^3 ในทุกพื้นที่ทำการศึกษาทั้ง 8 เขต และบุคคลได้รับสัมผัส ไม่พบ 1,3,5-Trimethylbenzene ทุกพื้นที่ศึกษา คือมีค่าต่ำกว่า LOD ที่ระดับ 0.03 ng/m^3 รายละเอียดเปรียบเทียบปริมาณ 1,3,5-Trimethylbenzene ในแต่ละพื้นที่ ดังตารางที่ 4.16 และ ภาพที่ 4.20

ตารางที่ 4.16 ปริมาณ 1,3,5-Trimethylbenzene จากการเก็บตัวอย่างทั้ง 9 พื้นที่ บริเวณที่พักอาศัยที่อยู่ริมถนน (roadside) และพื้นที่ทั่วไป (non-roadside)

พื้นที่ศึกษา	Roadside (RD)			Non-Roadside (NR)		
	outdoor	indoor	personal	outdoor	indoor	personal
พระโขนง (SK)	3.9[a]	1.2[a]	0.7[a]	0.3	0.1	Nd
ยานนาวา (PR)	4.2[ac]	2.4[bc]	1.2[bc]	Nd	Nd	Nd
จตุจักร (PT)	4.1[ac]	2.2[bc]	1.2[bc]	Nd	Nd	Nd
ราชเทวี (PY)	4.6[a]	2.2[bc]	1.2[bc]	Nd	Nd	Nd
บางกะปิ (LP)	4.3[a]	2.0[c]	0.9	Nd	Nd	Nd
บางกอกน้อย (JW)	Nd	Nd	Nd	Nd	Nd	Nd
บางแค (PK)	Nd	Nd	Nd	Nd	Nd	Nd
ประเวศ (SR)	3.7[c]	2.1[c]	1.0[c]	Nd	Nd	Nd
คันนายาว (RT)	4.7[a]	2.9[b]	1.4[b]	Nd	Nd	Nd
ค่าเฉลี่ยทั้งหมด	4.2	2.1	1.1	0.3	0.1	-

หมายเหตุ: ตัวอักษรที่มุมขวาด้านบนที่ต่างกัน หมายถึง มีความแตกต่างกันของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญที่ความเชื่อมั่น 95 %



ภาพที่ 4.20 ปริมาณเฉลี่ยของ 1,3,5-Trimethylbenzene ที่ตรวจพบใน 9 พื้นที่ศึกษาในเขตกรุงเทพมหานคร

จากการทดสอบความแตกต่างค่าเฉลี่ยของข้อมูลปริมาณความเข้มข้น 1,3,5-Trimethylbenzene ทั้ง 9 พื้นที่ ในบริเวณที่พักอาศัยที่อยู่ริมถนน (roadside) และบริเวณที่พักอาศัยพื้นที่ทั่วไป (non-roadside) พบว่า

1) บริเวณที่พักอาศัยที่อยู่ริมถนน (roadside) พบปริมาณ 1,3,5-Trimethylbenzene จากการเก็บตัวอย่างทั้ง 9 พื้นที่ จากการเปรียบเทียบความแตกต่างกันของแต่ละพื้นที่ โดยแบ่งตามลักษณะเก็บตัวอย่าง ดังนี้

1.1) ภายนอกอาคารที่พักอาศัย (outdoor)

บริเวณภายนอกอาคารที่พักอาศัยทั้ง 9 พื้นที่มีค่าเฉลี่ยของปริมาณ 1,3,5-Trimethylbenzene อยู่ในช่วงตั้งแต่ Nd-4.7 $\mu g/m^3$ จากการทดสอบความแตกต่างค่าเฉลี่ยของข้อมูลปริมาณความเข้มข้น 1,3,5Trimethylbenzene ภายนอกอาคารที่พักอาศัย พบว่า $RT^{a} > PY^{a} > LP^{a} > PR^{ac} > PT^{ac} > SK^{c} > SR^{c}$ และไม่พบใน JW PK

1.2) ภายในอาคารที่พักอาศัย (indoor)

บริเวณภายในอาคารที่พักอาศัยทั้ง 9 พื้นที่มีค่าเฉลี่ยของปริมาณ 1,3,5-Trimethylbenzene อยู่ในช่วงตั้งแต่ Nd-2.9 $\mu g/m^3$ จากการทดสอบความแตกต่างค่าเฉลี่ยของข้อมูลปริมาณความเข้มข้น 1,3,5Trimethylbenzene ภายในอาคารที่พักอาศัย พบว่า $RT^{b} > PR^{bc} > PT^{bc} = PY^{bc} > SR^{c} > LP^{c} > SK^{a}$ และไม่พบใน JW PK

1.3) บุคคลได้รับสัมผัส (personal)

การรับสัมผัสของบุคคลทั่วไปใน ที่พักอาศัยทั้ง 9 พื้นที่มีค่าเฉลี่ยของปริมาณ 1,3,5-Trimethylbenzene อยู่ในช่วงตั้งแต่ Nd-1.4 $\mu g/m^3$ จากการทดสอบความแตกต่างค่าเฉลี่ยของข้อมูลปริมาณความเข้มข้น1,3,5-Trimethylbenzene จากการรับสัมผัส พบว่า $RT^{b} > PR^{b} = PT^{b} = PY^{b} > SR^{ab} > LP^{ab} > SK^{a}$ และไม่พบใน JW PK

จากการเปรียบเทียบปริมาณ ค่าเฉลี่ยของปริมาณ 1,3,5-Trimethylbenzene ทั้ง 9 พื้นที่ เราจะพบว่า ปริมาณ outdoor indoor และ personal นั้นมีความสัมพันธ์ในทางเดียวกัน คือจะพบปริมาณมากในรามอินทรา ซึ่งมีแนวโน้มสัมพันธ์กันทั้งสามลักษณะ และจากการเปรียบเทียบพบว่าปริมาณใน outdoor > indoor > personal ในทุกพื้นที่ศึกษา ดังนั้นจึงทำให้เราทราบว่าสารมาจากแหล่งกำเนิดรถยนต์เป็นหลัก

9.2 บริเวณที่พักอาศัยพื้นที่ทั่วไป (non-roadside) พบปริมาณ 1,3,5-Trimethylbenzene จากการเก็บตัวอย่างทั้ง 9 พื้นที่ โดยแบ่งตามลักษณะเก็บตัวอย่าง ดังนี้

1) ภายนอกอาคารที่พักอาศัย (outdoor)

บริเวณภายนอกอาคารที่พักอาศัยทั้ง 9 พื้นที่มีค่าเฉลี่ยของปริมาณ 1,3,5-Trimethylbenzene อยู่ในช่วงตั้งแต่ Nd-0.3 $\mu g/m^3$ และตรวจพบสารชนิดนี้เฉพาะที่ถนนสุขุมวิท

2) ภายในอาคารที่พักอาศัย (indoor)

บริเวณภายในอาคารที่พักอาศัยทั้ง 9 พื้นที่มีค่าเฉลี่ยของปริมาณ 1,3,5-Trimethylbenzene อยู่ในช่วงตั้งแต่ Nd-0.1 $\mu g/m^3$และตรวจพบสารชนิดนี้เฉพาะที่ถนนสุขุมวิท

3) บุคคลได้รับสัมผัส (personal)

การรับสัมผัสของบุคคลทั่วไปใน ที่พักอาศัยทั้ง 9 พื้นที่มีค่าเฉลี่ยของปริมาณ 1,3,5-Trimethylbenzene เป็น Nd ซึ่งไม่สามารถตรวจพบในทุกพื้นที่ศึกษา

จากการเปรียบเทียบพบปริมาณใน outdoor > indoor > personal ในทุกพื้นที่ศึกษา ดังนั้นจึงทำให้เราทราบว่าสารมาจากแหล่งกำเนิดรถยนต์เป็นหลักนั้นและปริมาณในแต่ละที่นั้นไม่ได้มีความสัมพันธ์กันในทั้ง 3 ลักษณะนั้นเนื่องมาจากลักษณะบ้านและกิจกรรมต่างๆที่แตกต่างกัน จากการที่พบปริมาณในถนนสุขุมวิทเพียงแห่งเดียวนั้นเนื่องจากการตอบแบบสอบถามและแบบบันทึกเวลา และกิจกรรมทำให้ทราบว่าปริมาณสารมาจากการใช้สีในการประกอบอาชีพ ซึ่งแตกต่างจากที่อื่นๆที่ไม่ได้มีกิจกรรมที่ใช้สี แต่ปริมาณที่ได้ไม่สูงทดสอบไม่ได้เนื่องจากเป็น Nd

จากตารางที่ 4.16 นั้นจะเห็นว่าจากการศึกษาทั้ง roadside และ non-roadside ในเขตกรุงเทพมหานครมีปริมาณ 1,3,5-Trimethylbenzene เฉลี่ยภายนอกอาคารอยู่ที่ 4.2 $\mu g/m^3$สำหรับบริเวณที่พักอาศัยที่อยู่ริมถนน (roadside) และ 0.3 $\mu g/m^3$สำหรับบริเวณที่พักอาศัยพื้นที่ทั่วไป (non-roadside) ซึ่งจากการศึกษาเปรียบเทียบกับของ วรรณา และคณะ (2545) ทำการศึกษาในเขตกรุงเทพมหานคร ซึ่งมีจุดเก็บตัวอย่าง 4 จุด คือ รัชโยธิน อนุเสาวรีย์ชัยสมรภูมิ สีลม และเยาวราช ซึ่งพบปริมาณสารเพียง 2 จุด คือ สีลม และเยาวราช พบปริมาณ 1,3,5-Trimethylbenzene ทั้ง 2 จุด อยู่ที่ 46.5 และ 43.2 $\mu g/m^3$ ตามลำดับ พบว่าปริมาณ 1,3,5-Trimethylbenzene เฉลี่ยจากการศึกษาในครั้งนี้ต่ำกว่าค่าที่ได้จากทั้ง 2 จุดเก็บตัวอย่าง

บริเวณภายในอาคารที่พักอาศัย ในเขตกรุงเทพมหานคร จากการศึกษาปริมาณ 1,3,5-Trimethylbenzene เฉลี่ยเท่ากับ 2.1 $\mu g/m^3$ สำหรับบริเวณที่พักอาศัยที่อยู่ริมถนน (roadside) และ 0.1 $\mu g/m^3$สำหรับบริเวณที่พักอาศัยพื้นที่ทั่วไป (non-roadside) ซึ่งจากการศึกษาในเมือง Helsinki ประเทศฟินแลนด์ โดย Kostiainen (1995) ทำการศึกษาสาร 1,3,5-Trimethylbenzene ภายในอาคารพบปริมาณ 0.9 $\mu g/m^3$ ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับค่าที่ได้ในการศึกษาครั้งนี้พบว่ามีปริมาณต่ำกว่า การศึกษาในครั้งนี้

4.2.3.10 Decane

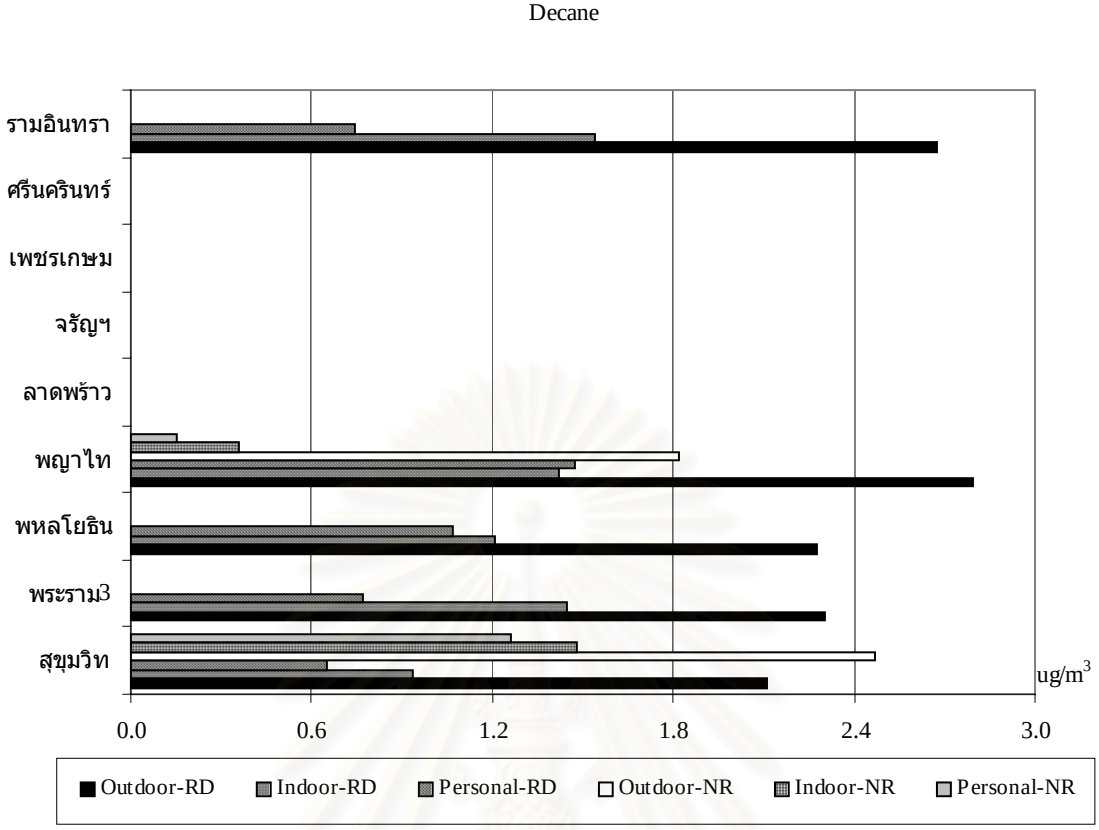
บริเวณที่พักอาศัยที่อยู่ริมถนน (roadside) พบปริมาณ Decane จากการเก็บตัวอย่างทั้ง 9 พื้นที่ พบว่า ภายนอกอาคารที่พักอาศัย มีปริมาณสูงสุดที่ 2.8 $\mu g/m^3$ ใน พื้นที่พญาไท และต่ำสุด คือมีค่าต่ำกว่า LOD ที่ระดับ 0.07 ng/m^3 ในพื้นที่ ลาดพร้าว จรัญสนิทวงศ์ เพชรเกษม และศรีนครินทร์ ภายในอาคารที่พักอาศัย มีปริมาณสูงสุด 1.5 $\mu g/m^3$ ในพื้นที่รามอินทรา และต่ำสุด คือมีค่าต่ำกว่า LOD ที่ระดับ 0.07 ng/m^3 ในพื้นที่ลาดพร้าว จรัญสนิทวงศ์ เพชรเกษม และศรีนครินทร์ และตัวบุคคล มี

ปริมาณสูงสุด 1.5 μg/m^3 ในพื้นที่พญาไท และต่ำสุด คือมีค่าต่ำกว่า LOD ที่ระดับ0.07 ng/m^3 ในพื้นที่ลาดพร้าว จรัญสนิทวงศ์ เพชรเกษม และศรีนครินทร์ และพื้นที่ทั่วไป (non-roadside) ภายนอกอาคารที่พักอาศัยมีปริมาณสูงสุดที่ 2.5 μg/m^{3}ในพื้นที่สุขุมวิท และ 1.8 μg/m^3 ในพื้นที่พญาไท และต่ำสุด คือมีค่าต่ำกว่า LOD ที่ระดับ 0.07 ng/m^3 ภายในอาคารที่พักอาศัย มีปริมาณสูงสุด 1.5 μg/m^3 ในพื้นที่สุขุมวิท และ 0.4 μg/m^3 ในพื้นที่พญาไท และต่ำสุด คือมีค่าต่ำกว่า LOD ที่ระดับ 0.07 ng/m^3 และตัวบุคคล มีปริมาณสูงสุดที่ 1.3 μg/m^3 ในพื้นที่สุขุมวิท และ 0.2 ในพื้นที่พญาไท และต่ำสุด คือมีค่าต่ำกว่า LOD ที่ระดับ 0.07 ng/m^3 รายละเอียดเปรียบเทียบปริมาณ Decaneในแต่ละพื้นที่ ดังตารางที่ 4.17 และ ภาพที่ 4.21

ตารางที่ 4.17 ปริมาณ Decane จากการเก็บตัวอย่างทั้ง 9 พื้นที่ บริเวณที่พักอาศัยที่อยู่ริมถนน (roadside) และพื้นที่ทั่วไป (non-roadside)

พื้นที่ศึกษา	Roadside (RD)			Non-Roadside (NR)		
	outdoor	indoor	personal	outdoor	indoor	personal
พระโขนง (SK)	2.1^a	0.9^a	0.6^b	2.5^a	1.5^a	1.3^a
ยานนาวา (PR)	2.3^a	1.4^a	0.8^b	Nd	Nd	Nd
จตุจักร (PT)	2.3^a	1.2^a	1.1^{ab}	Nd	Nd	Nd
ราชเทวี (PY)	2.8^a	1.4^a	1.5^a	1.8^a	0.4^a	0.2^a
บางกะปิ (LP)	Nd	Nd	Nd	Nd	Nd	Nd
บางกอกน้อย (JW)	Nd	Nd	Nd	Nd	Nd	Nd
บางแค (PK)	Nd	Nd	Nd	Nd	Nd	Nd
ประเวศ (SR)	Nd	Nd	Nd	Nd	Nd	Nd
คันนายาว (RT)	2.7^a	1.5^a	0.7^b	Nd	Nd	Nd
ค่าเฉลี่ยทั้งหมด	2.4	1.3	0.9	2.2	1.0	0.8

หมายเหตุ: ตัวอักษรที่มุมขวาด้านบนที่ต่างกันหมายถึงมีความแตกต่างกันของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญที่ความเชื่อมั่น95%



ภาพที่ 4.21 ปริมาณเฉลี่ยของ Decane ที่ตรวจพบใน 9 พื้นที่ศึกษาในเขตกรุงเทพมหานคร

จากการทดสอบความแตกต่างค่าเฉลี่ยของข้อมูลปริมาณความเข้มข้น Decane ทั้ง 9 พื้นที่ในบริเวณที่พักอาศัยที่อยู่ริมถนน (roadside) และบริเวณที่พักอาศัยพื้นที่ทั่วไป (non-roadside) พบว่า

1) บริเวณที่พักอาศัยที่อยู่ริมถนน (roadside) พบปริมาณ Decane จากการเก็บตัวอย่างทั้ง 9 พื้นที่ จากการเปรียบเทียบความแตกต่างกัน ของแต่ละพื้นที่ โดยแบ่งตามลักษณะเก็บตัวอย่าง ดังนี้

1.1) ภายนอกอาคารที่พักอาศัย (outdoor)

บริเวณภายนอกอาคารที่พักอาศัยทั้ง 9 พื้นที่มีค่าเฉลี่ยของปริมาณ Decane อยู่ในช่วงตั้งแต่ Nd-2.8 $\mu g/m^3$ จากการทดสอบความแตกต่างค่าเฉลี่ยของข้อมูลปริมาณความเข้มข้น Decane ภายนอกอาคารที่พักอาศัย พบว่า $PY^a > RT^a > PR^a = PT^a > SK^a$ และไม่พบใน JW LP PK SR

1.2) ภายในอาคารที่พักอาศัย (indoor)

บริเวณภายในอาคารที่พักอาศัยทั้ง 9 พื้นที่มีค่าเฉลี่ยของปริมาณ Decane อยู่ในช่วงตั้งแต่ Nd-1.5 $\mu g/m^3$ จากการทดสอบความแตกต่างค่าเฉลี่ยของข้อมูลปริมาณความเข้มข้น Decane ภายในอาคารที่พักอาศัย พบว่า $RT^a > PY^a = PR^a > PT^a > SK^a$ และไม่พบใน JW LP PK SR

1.3) บุคคลได้รับสัมผัส (personal)

การรับสัมผัสของบุคคลทั่วไปในที่พักอาศัยทั้ง 9 พื้นที่มีค่าเฉลี่ยของปริมาณ Decane อยู่ในช่วงตั้งแต่ Nd-1.5 $\mu g/m^3$ จากการทดสอบความแตกต่างค่าเฉลี่ยของข้อมูลปริมาณความ

เข้มข้น Decane ภายในอาคารที่พักอาศัย พบว่า $PY^{a} > PT^{ab} > PR^{b} > RT^{b} > SK^{b}$ และไม่พบใน JW LP PK SR

จากการเปรียบเทียบปริมาณ ค่าเฉลี่ยของปริมาณ Decane ทั้ง 9 พื้นที่ เราจะพบว่า ปริมาณ สูงสุดที่พบปริมาณสูงสุดทั้ง outdoor indoor และ personal อยู่ที่พญาไท ซึ่งมีความสัมพันธ์ในทางเดียวกัน และจากการเปรียบเทียบพบว่าปริมาณใน outdoor > indoor > personal ในทุกพื้นที่ศึกษา ดังนั้นจึงทำให้เราทราบว่าสารมาจากแหล่งกำเนิดรถยนต์เป็นหลัก

2) บริเวณที่พักอาศัยพื้นที่ทั่วไป (non-roadside) พบปริมาณ Decane จากการเก็บตัวอย่างทั้ง 9 พื้นที่ โดยแบ่งตามลักษณะเก็บตัวอย่าง ดังนี้

2.1) ภายนอกอาคารที่พักอาศัย (outdoor)

บริเวณภายนอกอาคารที่พักอาศัยทั้ง 9 พื้นที่มีค่าเฉลี่ยของปริมาณ Decane อยู่ในช่วงตั้งแต่ Nd-2.5 $\mu g/m^3$ จากการทดสอบความแตกต่างค่าเฉลี่ยของข้อมูลปริมาณความเข้มข้น Decane ภายนอกอาคารที่พักอาศัย พบว่า $SK^{a} > PY^{a}$ และไม่พบใน JW RT LP PR SR PT PK

2.2) ภายในอาคารที่พักอาศัย (indoor)

บริเวณภายในอาคารที่พักอาศัยทั้ง 9 พื้นที่มีค่าเฉลี่ยของปริมาณ Decane อยู่ในช่วงตั้งแต่ Nd-1.5 $\mu g/m^3$จากการทดสอบความแตกต่างค่าเฉลี่ยของข้อมูลปริมาณความเข้มข้น Decane ภายในอาคารที่พักอาศัย พบว่า $SK^{a} > PY^{a}$ และไม่พบใน JW RT LP PR SR PT PK

2.3) บุคคลได้รับสัมผัส (personal)

การรับสัมผัสของบุคคลทั่วไปใน ที่พักอาศัยทั้ง 9 พื้นที่มีค่าเฉลี่ยของปริมาณ Decane อยู่ในช่วงตั้งแต่ Nd-1.3 $\mu g/m^3$ จากการทดสอบความแตกต่างค่าเฉลี่ยของข้อมูลปริมาณความเข้มข้น Decane ภายในอาคารที่พักอาศัย พบว่า $SK^{a} > PY^{a}$ และไม่พบใน JW RT LP PR SR PT PK

จากการเปรียบเทียบพบปริมาณใน outdoor > indoor > personal ในทุกพื้นที่ศึกษา ดังนั้นจึงทำให้เราทราบว่าสารมาจากแหล่งกำเนิดรถยนต์เป็นหลักนั้น และปริมาณในแต่ละที่นั้นมีความสัมพันธ์กันในทั้ง 3 ลักษณะ คือ พบปริมาณเพียง 2 พื้นที่ศึกษา เนื่องมาจากลักษณะบ้านและกิจกรรมต่างๆที่แตกต่างกันในถนนสุขุมวิทมีกิจกรรมการประกอบอาชีพที่ใช้สารที่ก่อให้เกิด VOCs ได้ง่าย ส่วนพญาไทนั้นมาจากรถยนต์ เนื่องจากไม่ได้มีกิจกรรมอื่นๆ จากการตอบแบบสอบถามและแบบบันทึกกิจกรรม จึงทำให้ 2 ที่พบปริมาณ Decane แต่ในพื้นที่อื่นพบว่ามีค่าต่ำกว่า LOD ที่ระดับ 0.07 ng/m^3

จากตารางที่ 4.17 นั้นจะเห็นว่าจากการศึกษาทั้ง roadside และ non-roadside ในเขตกรุงเทพมหานครมีปริมาณ Decane เฉลี่ยภายในอาคารอยู่ที่ 1.3 $\mu g/m^3$ ในบริเวณที่พักอาศัยที่อยู่ริมถนน (roadside) และ 1.0 $\mu g/m^3$ในบริเวณที่พักอาศัยพื้นที่ทั่วไป (non-roadside) ซึ่งจากการศึกษาเปรียบเทียบกับเมือง Helsinki ประเทศฟินแลนด์ โดย Edwards (2001) ทำการศึกษาสาร Decane ภายในอาคารพบปริมาณ 1.1 $\mu g/m^3$ ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับค่าที่ได้ในการศึกษาครั้งนี้พบว่ามีปริมาณใกล้เคียงกับการศึกษาในครั้งนี้

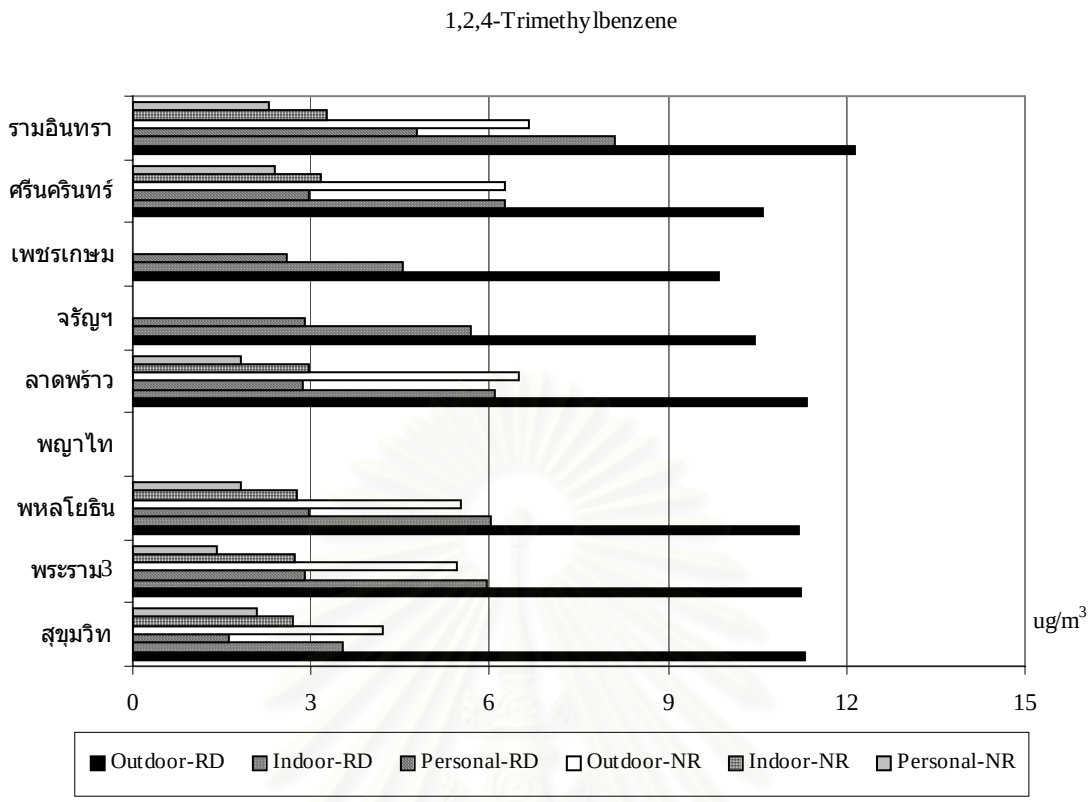
4.2.3.11 1,2,4-Trimethylbenzene

บริเวณที่พักอาศัยที่อยู่ริมถนน (roadside) พบปริมาณ 1,2,4-Trimethylbenzene จากการเก็บตัวอย่างทั้ง 9 พื้นที่ พบว่า ภายนอกอาคารที่พักอาศัย มีปริมาณสูงสุดที่ 12.1 $\mu g/m^3$ ใน พื้นที่รามอินทรา และต่ำสุด LOD ที่ระดับ 0.04 ng/m^3 ในพื้นที่ พญาไท ภายในอาคารที่พักอาศัย มีปริมาณสูงสุด 8.1$\mu g/m^3$ ในพื้นที่รามอินทรา และต่ำสุด คือมีค่าต่ำกว่า LOD ที่ระดับ 0.04 ng/m^3 ในพื้นที่พญาไท และบุคคลได้รับสัมผัส มีปริมาณสูงสุด 4.8 $\mu g/m^3$ ในพื้นที่รามอินทรา และต่ำสุด คือมีค่าต่ำกว่า LOD ที่ระดับ 0.04 ng/m^3 ในพื้นที่ พญาไท และพื้นที่ทั่วไป (non-roadside) ภายนอกอาคารที่พักอาศัยมีปริมาณสูงสุดที่ 6.6 $\mu g/m^3$ ในพื้นที่ รามอินทรา และต่ำสุด คือมีค่าต่ำกว่า LOD ที่ระดับ 0.04 ng/m^3 ในพื้นที่พญาไท จรัญสนิทวงศ์และเพชรเกษม ภายในอาคารที่พักอาศัย มีปริมาณสูงสุด 3.3 $\mu g/m^3$ ในพื้นที่ลาดพร้าว และต่ำสุด คือมีค่าต่ำกว่า LOD ที่ระดับ 0.04 ng/m^3 ในพื้นที่พญาไท จรัญสนิทวงศ์ และเพชรเกษม และบุคคลได้รับสัมผัส มีปริมาณสูงสุดที่ 2.4 $\mu g/m^3$ ในพื้นที่ศรีนครินทร์ และต่ำสุด คือมีค่าต่ำกว่า LOD ที่ระดับ 0.04 ng/m^3 ในพื้นที่ พญาไท จรัญสนิทวงศ์ และเพชรเกษม รายละเอียดเปรียบเทียบปริมาณ 1,2,4-Trimethylbenzene ในแต่ละพื้นที่ ดังตารางที่ 4.17 และภาพที่ 4.22

ตารางที่ 4.18 ปริมาณ 1,2,4-Trimethylbenzene จากการเก็บตัวอย่างทั้ง 9 พื้นที่ บริเวณที่พักอาศัยที่อยู่ริมถนน (roadside) และพื้นที่ทั่วไป (non-roadside)

พื้นที่ศึกษา	Roadside (RD)			Non-Roadside (NR)		
	outdoor	indoor	personal	outdoor	indoor	personal
พระโขนง (SK)	11.3^{ad}	3.5^{a}	1.6^{a}	4.2^{a}	2.7^{a}	2.1^{a}
ยานนาวา (PR)	11.2^{acd}	6.0^{b}	2.9^{b}	5.4^{a}	2.7^{a}	1.4^{b}
จตุจักร (PT)	11.2^{acd}	6.0^{b}	3.0^{b}	5.5^{a}	2.7^{a}	1.8^{a}
ราชเทวี (PY)	Nd	Nd	Nd	Nd	Nd	Nd
บางกะปิ (LP)	11.3^{ad}	6.1^{b}	2.9^{b}	6.5^{a}	3.0^{a}	1.8^{a}
บางกอกน้อย (JW)	10.5^{ac}	5.7^{b}	3.1^{b}	Nd	Nd	Nd
บางแค (PK)	9.9^{c}	5.7^{b}	2.6^{b}	Nd	Nd	Nd
ประเวศ (SR)	10.6^{ac}	6.3^{bd}	2.9^{b}	6.3^{a}	3.2^{a}	2.4^{a}
คันนายาว (RT)	12.1^{d}	8.1^{d}	4.8^{d}	6.6^{a}	3.3^{a}	2.3^{a}
ค่าเฉลี่ยทั้งหมด	11.0	5.9	3.0	5.8	2.9	2.0

หมายเหตุ: ตัวอักษรที่มุมขวาด้านบนที่ต่างกันหมายถึงมีความแตกต่างกันของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญที่ความเชื่อมั่น95%



ภาพที่ 4.22 ปริมาณเฉลี่ยของ 1,2,4-Trimethylbenzene ที่ตรวจพบใน 9 พื้นที่ศึกษาในเขตกรุงเทพมหานคร

จากการทดสอบความแตกต่างค่าเฉลี่ยของข้อมูลปริมาณความเข้มข้น 1,2,4-Trimethylbenzene ทั้ง 9 พื้นที่ ในบริเวณที่พักอาศัยที่อยู่ริมถนน (roadside) และบริเวณที่พักอาศัยพื้นที่ทั่วไป (non-roadside) พบว่า

1) บริเวณที่พักอาศัยที่อยู่ริมถนน (roadside) พบปริมาณ 1,2,4-Trimethylbenzene จากการเก็บตัวอย่างทั้ง 9 พื้นที่ จากการเปรียบเทียบความแตกต่างกัน ของแต่ละพื้นที่ โดยแบ่งตามลักษณะเก็บตัวอย่าง ดังนี้

1.1) ภายนอกอาคารที่พักอาศัย (outdoor)

บริเวณภายนอกอาคารที่พักอาศัยทั้ง 9 พื้นที่มีค่าเฉลี่ยของปริมาณ 1,2,4-Trimethylbenzene อยู่ในช่วงตั้งแต่ Nd-12.1 $\mu g/m^3$ จากการทดสอบความแตกต่างค่าเฉลี่ยของข้อมูลปริมาณความเข้มข้น 1,2,4-Trimethylbenzene ภายนอกอาคารที่พักอาศัย พบว่า $RT^{ac} > SK^{ad} = LP^{ad} > PR^{acd} = PT^{acd} > SR^{ac} > JW^{ac} > PK^{c}$ และไม่พบใน PY

1.2) ภายในอาคารที่พักอาศัย (indoor)

บริเวณภายในอาคารที่พักอาศัยทั้ง 9 พื้นที่มีค่าเฉลี่ยของปริมาณ 1,2,4-Trimethylbenzene อยู่ในช่วงตั้งแต่ Nd-8.1 $\mu g/m^3$ จากการทดสอบความแตกต่างค่าเฉลี่ยของข้อมูล

ปริมาณความเข้มข้น 1,2,4-Trimethylbenzene ภายในอาคารที่พักอาศัย พบว่า $RT^{d} > SR^{bd} > LP^{b} > PT^{b} = PR^{b} > PK^{b} = JW^{b} > SK^{a}$ และไม่พบใน PY

1.3) บุคคลได้รับสัมผัส (personal)

การรับสัมผัสของบุคคลทั่วไปใน ที่พักอาศัยทั้ง 9 พื้นที่มีค่าเฉลี่ยของปริมาณ 1,2,4-Trimethylbenzene อยู่ในช่วงตั้งแต่ Nd-4.8 $\mu g/m^3$ จากการทดสอบความแตกต่างค่าเฉลี่ยของข้อมูลปริมาณความเข้มข้น1,2,4-Trimethylbenzene ภายในอาคารที่พักอาศัย พบว่า $RT^{d} > JW^{b} > PT^{b} > PR^{b} = LP^{b} = SR^{b} > PK^{b} > SK^{a}$ และไม่พบใน PY

จากการเปรียบเทียบปริมาณ ค่าเฉลี่ยของปริมาณ 1,2,4-Trimethylbenzene ทั้ง 9 พื้นที่ เราจะพบว่า ปริมาณ outdoor indoor และ personal มีปริมารสูงสุดใน RT ซึ่งมีความสัมพันธ์ในทางเดียวกัน ในทุกลักษณะที่เก็บตัวอย่าง และจากการเปรียบเทียบพบว่าปริมาณใน outdoor > indoor > personal ในทุกพื้นที่ศึกษา ดังนั้นจึงทำให้เราทราบว่าสารมาจากแหล่งกำเนิดรถยนต์เป็นหลัก

2) บริเวณที่พักอาศัยพื้นที่ทั่วไป (non-roadside) พบปริมาณ 1,2,4-Trimethylbenzene จากการเก็บตัวอย่างทั้ง 9 พื้นที่ โดยแบ่งตามลักษณะเก็บตัวอย่าง ดังนี้

2.1) ภายนอกอาคารที่พักอาศัย (outdoor)

บริเวณภายนอกอาคารที่พักอาศัยทั้ง 9 พื้นที่มีค่าเฉลี่ยของปริมาณ 1,2,4-Trimethylbenzene อยู่ในช่วงตั้งแต่ Nd-6.6 $\mu g/m^3$ จากการทดสอบความแตกต่างค่าเฉลี่ยของข้อมูลปริมาณความเข้มข้น 1,2,4-Trimethylbenzene ภายนอกอาคารที่พักอาศัย พบว่า $RT^{a} > LP^{a} > SR^{a} > PT^{a} > PR^{a} > SK^{a}$ แต่ไม่พบใน PK JW PY

2.2) ภายในอาคารที่พักอาศัย (indoor)

บริเวณภายในอาคารที่พักอาศัยทั้ง 9 พื้นที่มีค่าเฉลี่ยของปริมาณ 1,2,4-Trimethylbenzene อยู่ในช่วงตั้งแต่ Nd-3.3 $\mu g/m^3$จากการทดสอบความแตกต่างค่าเฉลี่ยของข้อมูลปริมาณความเข้มข้น1,2,4-Trimethylbenzene ภายในอาคารที่พักอาศัย พบว่า $RT^{a} > SR^{a} > LP^{a} > PT^{a} = PR^{a} = SK^{a}$ แต่ไม่พบใน PK JW PY

2.3) บุคคลได้รับสัมผัส (personal)

การรับสัมผัสของบุคคลทั่วไปใน ที่พักอาศัยทั้ง 9 พื้นที่มีค่าเฉลี่ยของปริมาณ 1,2,4-Trimethylbenzene อยู่ในช่วงตั้งแต่ Nd-2.4 $\mu g/m^3$ จากการทดสอบความแตกต่างค่าเฉลี่ยของข้อมูลปริมาณความเข้มข้น1,2,4-Trimethylbenzene ภายในอาคารที่พักอาศัย พบว่า $SR^{a} > RT^{a} > SK^{a} > LP^{a} = PT^{a} > PR^{a}$ แต่ไม่พบใน PK JW PY

จากการเปรียบเทียบพบปริมาณใน outdoor > indoor > personal ในทุกพื้นที่ศึกษา ดังนั้นจึงทำให้เราทราบว่าสารมาจากแหล่งกำเนิดรถยนต์เป็นหลักนั้นและปริมาณในแต่ละที่นั้นไม่ได้มีความสัมพันธ์กันในทั้ง 3 ลักษณะนั้นเนื่องมาจากลักษณะบ้านและกิจกรรมที่แตกต่างกัน

จากตารางที่ 4.18 นั้นจะเห็นว่าจากการศึกษาทั้ง roadside และ non-roadside ในเขตกรุงเทพมหานครมีปริมาณ 1,2,4-Trimethylbenzene เฉลี่ยภายนอกอาคารอยู่ที่ 11.0 μg/m^{3}ในบริเวณที่พักอาศัยที่อยู่ริมถนน (roadside) และ 5.8 μg/m^{3}ในบริเวณที่พักอาศัยพื้นที่ทั่วไป (non-roadside) ซึ่งจากการศึกษาเปรียบเทียบกับของ วรรณา และคณะ (2545) ทำการศึกษาในเขตกรุงเทพมหานคร ซึ่งมีจุดเก็บตัวอย่าง 4 จุด คือ รัชโยธิน อนุเสาวรีย์ชัยสมรภูมิ สีลม และเยาวราช ซึ่งพบปริมาณสารเพียง 2 จุด คือ สีลม และเยาวราช พบปริมาณ 1,2,4-Trimethylbenzene ทั้ง 2 จุด อยู่ที่ 179.3 และ 239.1 μg/m^3 ตามลำดับ พบว่าปริมาณ 1,2,4-Trimethylbenzene เฉลี่ยสูงกว่าการศึกษาในครั้งนี้

4.2.3.12 1,4-Dichlorobenzene

บริเวณที่พักอาศัยที่อยู่ริมถนน (roadside) พบปริมาณ 1,4-Dimethylbenzene จากการเก็บตัวอย่างทั้ง 9 พื้นที่ พบว่า ภายนอกอาคารที่พักอาศัย มีปริมาณสูงสุดที่ 1.9 μg/m^3 ใน พื้นที่พญาไท และต่ำสุด คือมีค่าต่ำกว่า LOD ที่ระดับ 0.2 ng/m^3 ในพื้นที่ จรัญสนิทวงศ์ ภายในอาคารที่พักอาศัย มีปริมาณสูงสุด 4.5 μg/m^3 ในพื้นที่พญาไท และต่ำสุด คือมีค่าต่ำกว่า LOD ที่ระดับ 0.2 ng/m^3 ในพื้นที่จรัญสนิทวงศ์ และบุคคลได้รับสัมผัส มีปริมาณสูงสุด 2.9 μg/m^3 ในพื้นที่รามอินทรา และต่ำสุด คือมีค่าต่ำกว่า LOD ที่ระดับ 0.2 ng/m^3 ในพื้นที่ จรัญสนิทวงศ์ และพื้นที่ทั่วไป (non-roadside) ภายนอกอาคารที่พักอาศัยมีปริมาณสูงสุดที่ 2.1 μg/m^3 ในพื้นที่สุขุมวิท และ พบปริมาณ 0.4 μg/m^3 ในพื้นที่พญาไท ต่ำสุด LOD ที่ระดับ 0.2 ng/m^3 ในพื้นที่ พระราม3 พหลโยธิน ลาดพร้าว จรัญสนิทวงศ์ เพชรเกษม ศรีนครินทร์ และรามอินทรา ภายในอาคารที่พักอาศัย มีปริมาณสูงสุด 3.1 μg/m^3 ในพื้นที่สุขุมวิท และ พบปริมาณ 0.2 μg/m^3 ในพื้นที่พญาไท ต่ำสุด คือมีค่าต่ำกว่า LOD ที่ระดับ 0.2 ng/m^3 ในพื้นที่ พระราม3 พหลโยธิน ลาดพร้าว จรัญสนิทวงศ์ เพชรเกษม ศรีนครินทร์ และรามอินทรา และตัวบุคคล มีปริมาณสูงสุดที่ 1.1 μg/m^3 ในพื้นที่สุขุมวิท และ พบปริมาณ 0.1μg/m^3 ในพื้นที่พญาไท ต่ำสุด คือมีค่าต่ำกว่า LOD ที่ระดับ 0.2 ng/m^3 ในพื้นที่ พระราม3 พหลโยธิน ลาดพร้าว จรัญสนิทวงศ์ เพชรเกษม ศรีนครินทร์ และรามอินทรา รายละเอียดเปรียบเทียบปริมาณ 1,4-Dimethylbenzene ในแต่ละพื้นที่ ดังตารางที่ 4.19 และ ภาพที่ 4.23

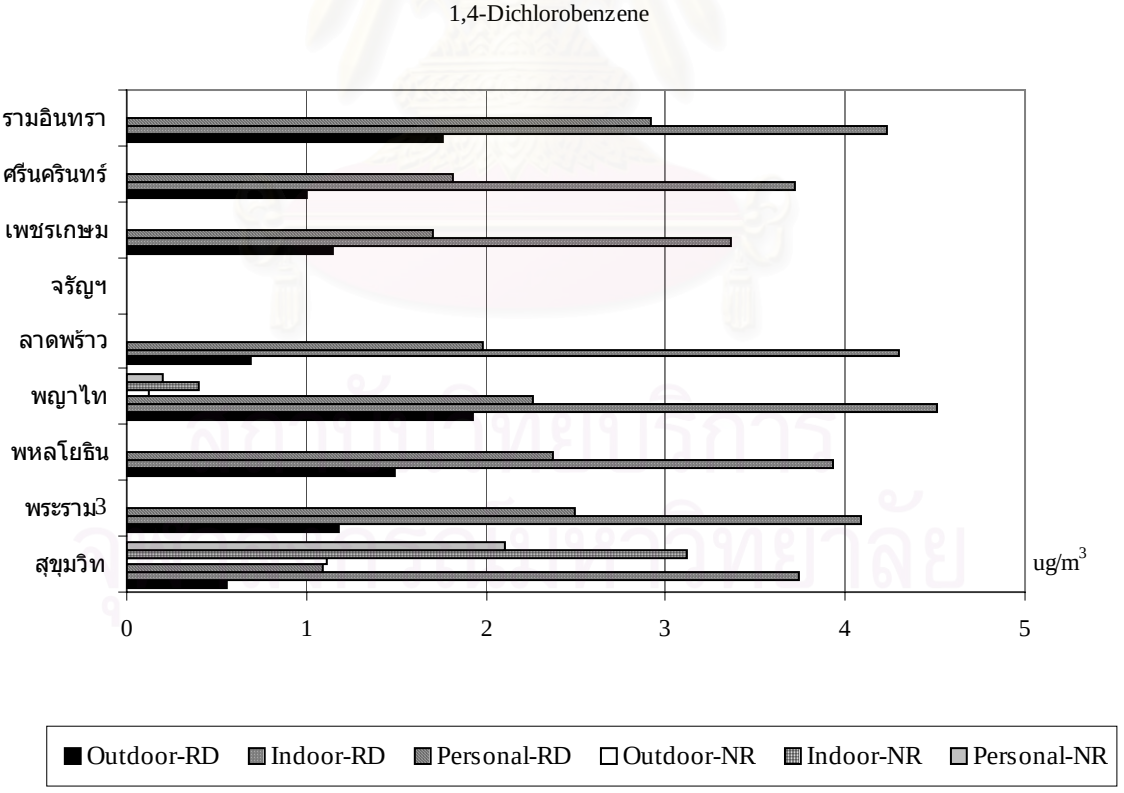
จากการทดสอบความแตกต่างค่าเฉลี่ยของข้อมูลปริมาณความเข้มข้น1,4-Dichlorobenzene ทั้ง 9 พื้นที่ ในบริเวณที่พักอาศัยที่อยู่ริมถนน (roadside) และบริเวณที่พักอาศัยพื้นที่ทั่วไป (non-roadside) พบว่า

1) บริเวณที่พักอาศัยที่อยู่ริมถนน (roadside) พบปริมาณ 1,4-Dichlorobenzene จากการเก็บตัวอย่างทั้ง 9 พื้นที่ จากการเปรียบเทียบความแตกต่างกัน ของแต่ละพื้นที่ โดยแบ่งตามลักษณะเก็บตัวอย่าง ดังนี้

ตารางที่ 4.19 ปริมาณ 1,4-Dichlorobenzene จากการเก็บตัวอย่างทั้ง 9 พื้นที่ บริเวณที่พักอาศัยที่อยู่ริมถนน (roadside) และพื้นที่ทั่วไป (non-roadside)

พื้นที่ศึกษา	Roadside (RD)			Non-Roadside (NR)		
	outdoor	indoor	personal	outdoor	indoor	personal
พระโขนง (SK)	0.6[c]	3.7[b]	1.1[b]	2.1[a]	3.1[a]	1.1[a]
ยานนาวา (PR)	1.2[b]	4.1[a]	2.5[ab]	Nd	Nd	Nd
จตุจักร (PT)	1.5[ab]	3.9[b]	2.4[b]	Nd	Nd	Nd
ราชเทวี (PY)	1.9[a]	4.5[a]	2.3[b]	0.4[b]	0.2[b]	0.1[b]
บางกะปิ (LP)	0.7[c]	4.3[a]	2.0[b]	Nd	Nd	Nd
บางกอกน้อย (JW)	Nd	Nd	Nd	Nd	Nd	Nd
บางแค (PK)	1.1[b]	3.4[b]	1.8[b]	Nd	Nd	Nd
ประเวศ (SR)	1.0[b]	3.7[b]	1.8[b]	Nd	Nd	Nd
คันนายาว (RT)	1.8[a]	4.2[a]	2.9[a]	Nd	Nd	Nd
ค่าเฉลี่ยทั้งหมด	1.2	4.0	2.1	1.3	1.7	0.6

หมายเหตุ : ตัวอักษรที่มุมขวาด้านบนที่ต่างกัน หมายถึงมีความแตกต่างกันของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญที่ความเชื่อมั่น 95%



ภาพที่ 4.23 ปริมาณเฉลี่ยของ 1,4-Dichlorobenzene ที่ตรวจพบใน 9 พื้นที่ศึกษาในเขตกรุงเทพมหานคร

1.1) ภายนอกอาคารที่พักอาศัย (outdoor)

บริเวณภายนอกอาคารที่พักอาศัยทั้ง 9 พื้นที่มีค่าเฉลี่ยของปริมาณ 1,4-Dichlorobenzene อยู่ในช่วงตั้งแต่ Nd-1.9 $\mu g/m^3$จากการทดสอบความแตกต่างค่าเฉลี่ยของข้อมูลปริมาณความเข้มข้น 1,4-Dichlorobenzene ภายนอกอาคารที่พักอาศัย พบว่า $PY^a > RT^a > PT^{ab} > PR^b > PK^b > SR^b > LP^c > SK^a$ แต่ไม่พบในพื้นที่ JW

1.2) ภายในอาคารที่พักอาศัย (indoor)

บริเวณภายในอาคารที่พักอาศัยทั้ง 9 พื้นที่มีค่าเฉลี่ยของปริมาณ 1,4-Dichlorobenzene อยู่ในช่วงตั้งแต่ Nd-4.5 $\mu g/m^3$ จากการทดสอบความแตกต่างค่าเฉลี่ยของข้อมูลปริมาณความเข้มข้น 1,4-Dichlorobenzene ภายในอาคารที่พักอาศัย พบว่า $PY^a > LP^a > RT^a > PR^a > PT^b > SK^b = SR^b > PK^b$ แต่ไม่พบสารในพื้นที่ JW

1.3) บุคคลได้รับสัมผัส (personal)

การรับสัมผัสของบุคคลทั่วไปใน ที่พักอาศัยทั้ง 9 พื้นที่มีค่าเฉลี่ยของปริมาณ 1,4-Dichlorobenzene อยู่ในช่วงตั้งแต่ Nd-2.9 $\mu g/m^3$ จากการทดสอบความแตกต่างค่าเฉลี่ยของข้อมูลปริมาณความเข้มข้น 1,4-Dichlorobenzene ภายในอาคารที่พักอาศัย พบว่า $RT^a > PR^{ab} > PT^b > PY^b > LP^b > PK^b = SR^b > SK$ แต่ไม่พบสารในพื้นที่ JW

จากการเปรียบเทียบปริมาณ ค่าเฉลี่ยของปริมาณ 1,4-Dichlorobenzene ทั้ง 9 พื้นที่ เราจะพบว่า ปริมาณ indoor > personal > outdoor นั้นมีแนวโน้มไปในทางเดียวกัน ในทุกพื้นที่ศึกษา ดังนั้นจึงทำให้เราทราบว่าสารมาจากแหล่งกำเนิดภายในบ้านคือมาจากผลิตภัณฑ์ที่ใช้ในบ้าน และจะพบปริมาณมากในพญาไท ซึ่งมาจากการประกอบอาชีพที่ทำร้านตัดเสื้อผ้า ซึ่งอาจมาจากสารที่เคลือบผ้าไว้เพื่อป้องกันแมลง

2) บริเวณที่พักอาศัยพื้นที่ทั่วไป (non-roadside) พบปริมาณ 1,4-Dichlorobenzene จากการเก็บตัวอย่างทั้ง 9 พื้นที่ โดยแบ่งตามลักษณะเก็บตัวอย่าง ดังนี้

2.1) ภายนอกอาคารที่พักอาศัย (outdoor)

บริเวณภายนอกอาคารที่พักอาศัยทั้ง 9 พื้นที่มีค่าเฉลี่ยของปริมาณ 1,4-Dichlorobenzene อยู่ในช่วงตั้งแต่ Nd-2.1 $\mu g/m^3$ จากการทดสอบความแตกต่างค่าเฉลี่ยของข้อมูลปริมาณความเข้มข้น 1,4-Dichlorobenzene ภายนอกอาคารที่พักอาศัย พบว่า $SK^a > PY^b$ และที่บริเวณอื่นไม่พบสารชนิดนี้

2.2) ภายในอาคารที่พักอาศัย (indoor)

บริเวณภายในอาคารที่พักอาศัยทั้ง 9 พื้นที่มีค่าเฉลี่ยของปริมาณ 1,4-Dichlorobenzene อยู่ในช่วงตั้งแต่ Nd-3.1 $\mu g/m^3$จากการทดสอบความแตกต่างค่าเฉลี่ยของข้อมูลปริมาณความเข้มข้น 1,4-Dichlorobenzene ภายในอาคารที่พักอาศัย พบว่า $SK^a > PY^b$และที่บริเวณอื่นไม่พบสารชนิดนี้

2.3) บุคคลได้รับสัมผัส (personal)

การรับสัมผัสของบุคคลทั่วไปใน ที่พักอาศัยทั้ง 9 พื้นที่มีค่าเฉลี่ยของปริมาณ 1,4-Dichlorobenzene อยู่ในช่วงตั้งแต่ Nd-1.1 $\mu g/m^3$ จากการทดสอบความแตกต่างค่าเฉลี่ยของข้อมูลปริมาณความเข้มข้น 1,4-Dichlorobenzene ภายในอาคารที่พักอาศัย พบว่า SK[a] > PY[b] และที่บริเวณอื่นไม่พบสารชนิดนี้

จากการเปรียบเทียบพบปริมาณใน indoor > personal > outdoor ในทุกพื้นที่ศึกษา ดังนั้นจึงทำให้เราทราบว่า สารมาจากแหล่งกำเนิดภายในบ้าน คือมาจากผลิตภัณฑ์ที่ใช้ในบ้าน เช่น ลูกเหม็น ก้อนดับกลิ่น และสเปรย์ดับกลิ่น ที่ได้จากแบบสอบถาม

จากการศึกษาเปรียบเทียบกับการศึกษาจากประเทศคูเวต โดย Walid และคณะ (1996) ซึ่งทำการศึกษาในเขตเมืองภายในที่พักอาศัย พบปริมาณสูงถึง 68 $\mu g/m^3$ ซึ่งค่าที่ได้สูงกว่าการศึกษาในครั้งนี้

4.2.3.13 1,2,3-Trimethylbenzene

บริเวณที่พักอาศัยที่อยู่ริมถนน (roadside) พบปริมาณ 1,2,3-Trimethylbenzene จากการเก็บตัวอย่างทั้ง 9 พื้นที่ พบว่า ภายนอกอาคารที่พักอาศัย มีปริมาณสูงสุดที่ 4.3 $\mu g/m^3$ใน พื้นที่พหลโยธินและรามอินทรา และต่ำสุด คือมีค่าต่ำกว่า LOD ที่ระดับ 0.06 ng/m^3ในพื้นที่พญาไท ภายในอาคารที่พักอาศัย มีปริมาณสูงสุด 2.7 $\mu g/m^3$ในพื้นที่พหลโยธิน และต่ำสุด คือมีค่าต่ำกว่า LOD ที่ระดับ 0.06 ng/m^3 ในพื้นที่พญาไท และบุคคลได้รับสัมผัส มีปริมาณสูงสุด 1.8 $\mu g/m^3$ในพื้นที่จรัญสนิทวงศ์ และต่ำสุด คือมีค่าต่ำกว่า LOD ที่ระดับ 0.06 ng/m^3 ในพื้นที่พญาไท และพื้นที่ทั่วไป (non-roadside) ภายนอกอาคารที่พักอาศัยมีปริมาณสูงสุดที่ 3.5 $\mu g/m^3$ในพื้นที่สุขุมวิท และต่ำสุด คือมีค่าต่ำกว่า LOD ที่ระดับ 0.06 ng/m^3 ใน 8 พื้นที่ศึกษา ภายในอาคารที่พักอาศัย มีปริมาณสูงสุด 3.1$\mu g/m^3$ ในพื้นที่สุขุมวิท และต่ำสุด คือมีค่าต่ำกว่า LOD ที่ระดับ 0.06 ng/m^3 ใน 8 พื้นที่ศึกษา และตัวบุคคล มีปริมาณสูงสุดที่ 1.7 $\mu g/m^3$ ในพื้นที่สุขุมวิท และต่ำสุด คือมีค่าต่ำกว่า LOD ที่ระดับ 0.06 ng/m^3 ใน8 พื้นที่ศึกษารายละเอียดเปรียบเทียบปริมาณ 1,2,3-Trimethylbenzene ในแต่ละพื้นที่ ดังตารางที่ 4.20 และ ภาพที่ 4.24

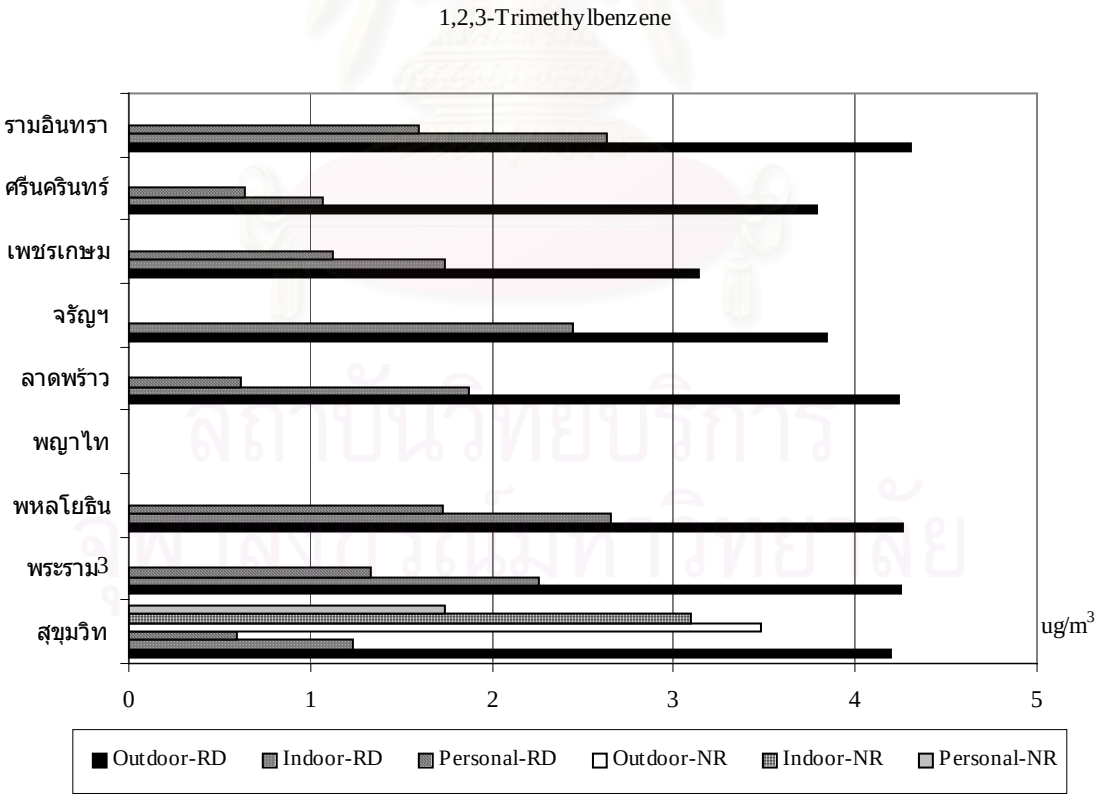
จากการทดสอบความแตกต่างค่าเฉลี่ยของข้อมูลปริมาณความเข้มข้น 1,2,3-Trimethylbenzene ทั้ง 9 พื้นที่ ในบริเวณที่พักอาศัยที่อยู่ริมถนน (roadside) และบริเวณที่พักอาศัยพื้นที่ทั่วไป (non-roadside) พบว่า

1) บริเวณที่พักอาศัยที่อยู่ริมถนน (roadside) พบปริมาณ 1,2,3-Trimethylbenzene จากการเก็บตัวอย่างทั้ง 9 พื้นที่ จากการเปรียบเทียบความแตกต่างกัน ของแต่ละพื้นที่ โดยแบ่งตามลักษณะเก็บตัวอย่าง ดังนี้

ตารางที่ 4.20 ปริมาณ 1,2,3-Trimethylbenzene จากการเก็บตัวอย่างทั้ง 9 พื้นที่ บริเวณที่พักอาศัยที่อยู่ริมถนน (roadside) และพื้นที่ทั่วไป (non-roadside)

พื้นที่ศึกษา	Roadside (RD)			Non-Roadside (NR)		
	outdoor	indoor	personal	outdoor	indoor	personal
พระโขนง (SK)	4.2[a]	1.2[a]	0.6[a]	3.5[a]	3.1[a]	1.7[a]
ยานนาวา (PR)	4.2[ac]	2.3[b]	1.3[ab]	Nd	Nd	Nd
จตุจักร (PT)	4.3[ac]	2.7[b]	1.7[b]	Nd	Nd	Nd
ราชเทวี (PY)	Nd	Nd	Nd	Nd	Nd	Nd
บางกะปิ (LP)	4.2[ac]	1.9[abc]	0.6[a]	Nd	Nd	Nd
บางกอกน้อย (JW)	3.8[ace]	2.4[b]	1.8[ab]	Nd	Nd	Nd
บางแค (PK)	3.1[e]	1.8[ab]	1.1[ab]	Nd	Nd	Nd
ประเวศ (SR)	3.8[bc]	1.1[ac]	0.6[b]	Nd	Nd	Nd
คันนายาว (RT)	4.3[ac]	2.6[b]	1.6[a]	Nd	Nd	Nd
ค่าเฉลี่ยทั้งหมด	4.0	2.0	1.2	3.5	3.1	1.7

หมายเหตุ : ตัวอักษรที่มุมขวาด้านบนที่ต่างกัน หมายถึง มีความแตกต่างกันของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญที่ความเชื่อมั่น 95 %



ภาพที่ 4.24 ปริมาณเฉลี่ยของ 1,2,3-Trimethylbenzene ที่ตรวจพบใน 9 พื้นที่ศึกษาในเขตกรุงเทพมหานคร

1.1) ภายนอกอาคารที่พักอาศัย (outdoor)

บริเวณภายนอกอาคารที่พักอาศัยทั้ง 9 พื้นที่มีค่าเฉลี่ยของปริมาณ 1,2,3-Trimethylbenzene อยู่ในช่วงตั้งแต่ Nd-4.3 $\mu g/m^3$จากการทดสอบความแตกต่างค่าเฉลี่ยของข้อมูลปริมาณความเข้มข้น 1,2,3-Trimethylbenzene ภายนอกอาคารที่พักอาศัย พบว่า $RT^{ac}= PT^{ac} > LP^{ac}= PR^{ac} = SK^{a} > JW^{ce}= SR^{bc} > PK^{e}$ แต่ไม่พบสารใน PY

1.2) ภายในอาคารที่พักอาศัย (indoor)

บริเวณภายในอาคารที่พักอาศัยทั้ง 9 พื้นที่มีค่าเฉลี่ยของปริมาณ 1,2,3-Trimethylbenzene อยู่ในช่วงตั้งแต่ Nd-2.7 $\mu g/m^3$ จากการทดสอบความแตกต่างค่าเฉลี่ยของข้อมูลปริมาณความเข้มข้น 1,2,3-Trimethylbenzene ภายในอาคารที่พักอาศัย พบว่า $PT^{b} > RT^{b} > JW^{b} > PR^{b} > LP^{abc} > PK^{ab} > SK^{ac} > SR^{a}$ แต่ไม่พบสารใน PY

1.3) บุคคลได้รับสัมผัส (personal)

การรับสัมผัสของบุคคลทั่วไปใน ที่พักอาศัยทั้ง 9 พื้นที่มีค่าเฉลี่ยของปริมาณ 1,2,3-Trimethylbenzene อยู่ในช่วงตั้งแต่ Nd-1.8 $\mu g/m^3$ จากการทดสอบความแตกต่างค่าเฉลี่ยของข้อมูลปริมาณความเข้มข้น 1,2,3-Trimethylbenzene ภายในอาคารที่พักอาศัย พบว่า $JW^{ab} > PT^{b} RT^{b} > PR^{ab} > PK^{ab} > LP^{a} = SR^{a} > SK^{a}$ แต่ไม่พบสารใน PY

จากการเปรียบเทียบปริมาณ ค่าเฉลี่ยของปริมาณ 1,2,3-Trimethylbenzene ทั้ง 9 พื้นที่ เราจะพบว่า ปริมาณ outdoor indoor และ personal นั้นมีความสัมพันธ์ในทางเดียวกัน คือ ในพื้นที่ PY มีค่าต่ำกว่า LOD ที่ระดับ 0.06 ng/m^3 และจากการเปรียบเทียบพบว่าปริมาณใน outdoor > indoor > personal ในทุกพื้นที่ศึกษา ดังนั้นจึงทำให้เราทราบว่าสารมาจากแหล่งกำเนิดรถยนต์เป็นหลัก

2) บริเวณที่พักอาศัยพื้นที่ทั่วไป (non-roadside) พบปริมาณ 1,2,3-Trimethylbenzene จากการเก็บตัวอย่างทั้ง 9 พื้นที่ โดยแบ่งตามลักษณะเก็บตัวอย่าง ดังนี้

2.1) ภายนอกอาคารที่พักอาศัย (outdoor)

บริเวณภายนอกอาคารที่พักอาศัยทั้ง 9 พื้นที่มีค่าเฉลี่ยของปริมาณ 1,2,3-Trimethylbenzene อยู่ในช่วงตั้งแต่ Nd-3.5 $\mu g/m^3$ และตรวจพบสารชนิดนี้เฉพาะที่ถนนสุขุมวิท

2.2) ภายในอาคารที่พักอาศัย (indoor)

บริเวณภายในอาคารที่พักอาศัยทั้ง 9 พื้นที่มีค่าเฉลี่ยของปริมาณ 1,2,3-Trimethylbenzene อยู่ในช่วงตั้งแต่ Nd-3.1 $\mu g/m^3$และตรวจพบสารชนิดนี้เฉพาะที่ถนนสุขุมวิท

2.3) บุคคลได้รับสัมผัส (personal)

การรับสัมผัสของบุคคลทั่วไปใน ที่พักอาศัยทั้ง 9 พื้นที่มีค่าเฉลี่ยของปริมาณ 1,2,3-Trimethylbenzene อยู่ในช่วงตั้งแต่ Nd-1.7 $\mu g/m^3$ และตรวจพบสารชนิดนี้เฉพาะที่ถนนสุขุมวิท

จากการเปรียบเทียบพบปริมาณ 1,2,3-Trimethylbenzene ใน outdoor > indoor > personal ในพื้นที่สุขุมวิท เนื่องมาจากลักษณะบ้านและกิจกรรมต่างๆที่แตกต่างกันของแต่ละพื้นที่ซึ่งในสุขุมวิท จะมีการใช้สีและสารตัวทำละลายในการประกอบอาชีพในบ้าน จึงทำให้พบสารชนิดนี้ได้

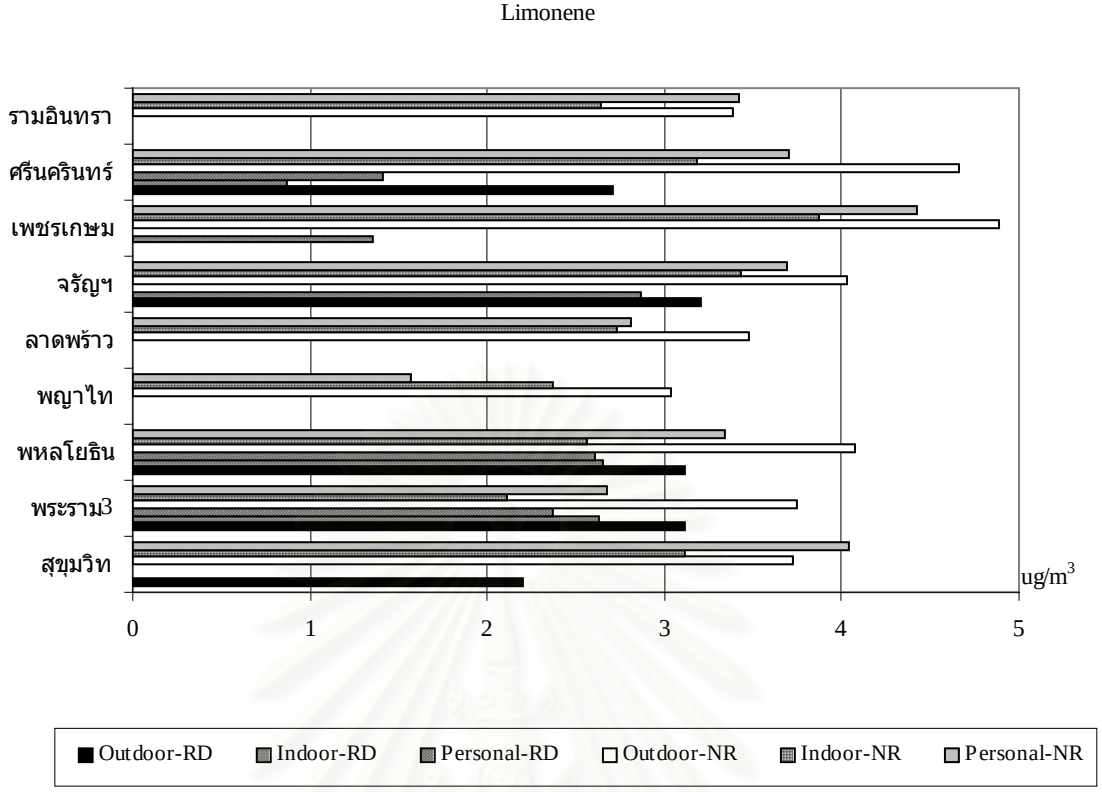
4.2.3.14 Limonene

บริเวณที่พักอาศัยที่อยู่ริมถนน (roadside) พบปริมาณ Limonene จากการเก็บตัวอย่างทั้ง 9 พื้นที่ พบว่า ภายนอกอาคารที่พักอาศัย มีปริมาณสูงสุดที่ 3.2 $\mu g/m^3$ใน พื้นที่จรัญสนิทวงศ์ และต่ำสุด คือมีค่าต่ำกว่า LOD ที่ระดับ 0.13 ng/m^3ในพื้นที่ พญาไท ลาดพร้าว เพชรเกษม และรามอินทรา ภายในอาคารที่พักอาศัย มีปริมาณสูงสุด 2.9 $\mu g/m^3$ ใน พื้นที่จรัญสนิทวงศ์ และต่ำสุด คือมีค่าต่ำกว่า LOD ที่ระดับ 0.13 ng/m^3ในพื้นที่ สุขุมวิท พญาไท ลาดพร้าว เพชรเกษม และรามอินทรา และบุคคลได้รับสัมผัส มีปริมาณสูงสุด 2.9 $\mu g/m^3$ ในพื้นที่พื้นที่จรัญสนิทวงศ์ และต่ำสุด คือมีค่าต่ำกว่า LOD ที่ระดับ 0.13 ng/m^3 ในพื้นที่ จรัญสนิทวงศ์ และพื้นที่ทั่วไป (non-roadside) ภายนอกอาคารที่พักอาศัยมีปริมาณสูงสุดที่ 4.9 $\mu g/m^3$ ในพื้นที่ เพชรเกษม และต่ำสุด 3.0 $\mu g/m^3$ ในพื้นที่พญาไท ภายในอาคารที่พักอาศัย มีปริมาณสูงสุด 3.4$\mu g/m^3$ ในพื้นที่จรัญสนิทวงศ์ และ เพชรเกษม และต่ำสุด 2.1 $\mu g/m^3$ในพื้นที่พระราม 3 และบุคคลได้รับสัมผัส มีปริมาณสูงสุดที่ 3.7 $\mu g/m^3$ ในพื้นที่จรัญสนิทวงศ์ เพชรเกษม และศรีนครินทร์ และต่ำสุด 1.6 $\mu g/m^3$ ในพื้นที่ พญาไทรายละเอียดเปรียบเทียบปริมาณ Limonene ในแต่ละพื้นที่ ดังตารางที่ 4.21 และ ภาพที่ 4.25

ตารางที่ 4.21 ปริมาณ Limonene จากการเก็บตัวอย่างทั้ง 9 พื้นที่ บริเวณที่พักอาศัยที่อยู่ริมถนน (roadside) และพื้นที่ทั่วไป (non-roadside)

พื้นที่ศึกษา	Roadside (RD)			Non-Roadside (NR)		
	outdoor	indoor	personal	outdoor	indoor	personal
พระโขนง (SK)	2.2^{b}	Nd	Nd	3.7^{a}	3.1^{a}	4.0^{a}
ยานนาวา (PR)	3.1^{a}	2.6^{a}	2.4^{a}	3.8^{a}	2.1^{b}	2.7^{b}
จตุจักร (PT)	1.3^{c}	1.1^{b}	0.4^{c}	4.1^{a}	2.6^{b}	3.3^{b}
ราชเทวี (PY)	Nd	Nd	Nd	3.0^{c}	2.4^{b}	1.6^{c}
บางกะปิ (LP)	Nd	Nd	Nd	3.5^{a}	2.7^{b}	2.8^{b}
บางกอกน้อย (JW)	3.2^{a}	2.9^{a}	2.9^{a}	4.0^{a}	3.4^{a}	3.7^{a}
บางแค (PK)	Nd	Nd	Nd	4.9^{b}	3.4^{a}	3.7^{a}
ประเวศ (SR)	2.7^{ab}	0.9^{b}	1.4^{b}	4.7^{b}	3.2^{a}	3.7^{a}
คันนายาว (RT)	Nd	Nd	Nd	3.4^{ac}	2.6^{b}	3.4^{b}
ค่าเฉลี่ยทั้งหมด	2.5	2.1	1.8	3.9	2.8	3.2

หมายเหตุ : ตัวอักษรที่มุมขวาด้านบนที่ต่างกัน หมายถึงมีความแตกต่างกันของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญที่ความเชื่อมั่น 95%



ภาพที่ 4.25 ปริมาณเฉลี่ยของ Limonene ที่ตรวจพบใน 9 พื้นที่ศึกษาในเขตกรุงเทพมหานคร

จากการทดสอบความแตกต่างค่าเฉลี่ยของข้อมูลปริมาณความเข้มข้น Limonene ทั้ง 9 พื้นที่ ในบริเวณที่พักอาศัยที่อยู่ริมถนน (roadside) และบริเวณที่พักอาศัยพื้นที่ทั่วไป (non-roadside) พบว่า

1) บริเวณที่พักอาศัยที่อยู่ริมถนน (roadside) พบปริมาณ Limonene จากการเก็บตัวอย่างทั้ง 9 พื้นที่ จากการเปรียบเทียบความแตกต่างกัน ของแต่ละพื้นที่ โดยแบ่งตามลักษณะเก็บตัวอย่าง ดังนี้

1.1) ภายนอกอาคารที่พักอาศัย (outdoor)

บริเวณภายนอกอาคารที่พักอาศัยทั้ง 9 พื้นที่มีค่าเฉลี่ยของปริมาณ Limonene อยู่ในช่วงตั้งแต่ Nd-3.2 $\mu g/m^3$จากการทดสอบความแตกต่างค่าเฉลี่ยของข้อมูลปริมาณความเข้มข้น Limonene ภายนอกอาคารที่พักอาศัย พบว่า $JW^a > PR^a > SR^{ab} > SK^b$ แต่บริเวณอื่นไม่พบสารชนิดนี้

1.2) ภายในอาคารที่พักอาศัย (indoor)

บริเวณภายในอาคารที่พักอาศัยทั้ง 9 พื้นที่มีค่าเฉลี่ยของปริมาณ Limonene อยู่ในช่วงตั้งแต่ 12.2-23.1 $\mu g/m^3$ จากการทดสอบความแตกต่างค่าเฉลี่ยของข้อมูลปริมาณความเข้มข้น Limonene ภายในอาคารที่พักอาศัย พบว่า $JW^a > PR^a > PT^b > SR^b$ แต่บริเวณอื่นไม่พบสารชนิดนี้

1.3) บุคคลได้รับสัมผัส (personal)

การรับสัมผัสของบุคคลทั่วไปใน ที่พักอาศัยทั้ง 9 พื้นที่มีค่าเฉลี่ยของปริมาณ Limonene อยู่ในช่วงตั้งแต่ 5.8-13.5 $\mu g/m^3$ จากการทดสอบความแตกต่างค่าเฉลี่ยของข้อมูลปริมาณความเข้มข้น Limonene ภายในอาคารที่พักอาศัย พบว่า $JW^a > PR^a > PT^c > SR^b$ แต่บริเวณอื่นไม่พบสารชนิดนี้

จากการเปรียบเทียบปริมาณ ค่าเฉลี่ยของปริมาณ Limonene ทั้ง 9 พื้นที่ เราจะพบว่าบ้านในจรัญสนิทวงศ์มีปริมาณ Limonene สูงกว่าพื้นที่ศึกษาอื่นๆ เนื่องจากบริเวณทางเดินเท้ามีต้นไม้เป็นปริมาณมาก ซึ่งเป็นแหล่งกำเนิดสำคัญของสารชนิดนี้ และในสุขุมวิทไม่พบ Limonene ใน indoor และ personal เนื่องจากพบต้นไม้เพียงนอกบ้านและลักษณะบ้านเป็นบ้านที่ปิดทึบจึงทำให้ไม่สามารถตรวจวัดสารนี้ได้ใน 2 ลักษณะการเก็บใน indoor และ personal

2) บริเวณที่พักอาศัยพื้นที่ทั่วไป (non-roadside) พบปริมาณ Limonene จากการเก็บตัวอย่างทั้ง 9 พื้นที่ โดยแบ่งตามลักษณะเก็บตัวอย่าง ดังนี้

2.1) ภายนอกอาคารที่พักอาศัย (outdoor)

บริเวณภายนอกอาคารที่พักอาศัยทั้ง 9 พื้นที่มีค่าเฉลี่ยของปริมาณ Limonene อยู่ในช่วงตั้งแต่ 4.9-3.0 $\mu g/m^3$ จากการทดสอบความแตกต่างค่าเฉลี่ยของข้อมูลปริมาณความเข้มข้น Limonene ภายนอกอาคารที่พักอาศัย พบว่า $PK^b > SR^b > PT^a > JW^a > PR^a > SK^a > LP^a > RT^a > PY^c$

2.2) ภายในอาคารที่พักอาศัย (indoor)

บริเวณภายในอาคารที่พักอาศัยทั้ง 9 พื้นที่มีค่าเฉลี่ยของปริมาณ Limonene อยู่ในช่วงตั้งแต่ 2.1-3.4 $\mu g/m^3$จากการทดสอบความแตกต่างค่าเฉลี่ยของข้อมูลปริมาณความเข้มข้น Limonene ภายในอาคารที่พักอาศัย พบว่า $PK^a = JW^a > SR^a > SK^a > LP^b > PT^b = RT^a > PY^b > PR^b$

2.3) บุคคลได้รับสัมผัส (personal)

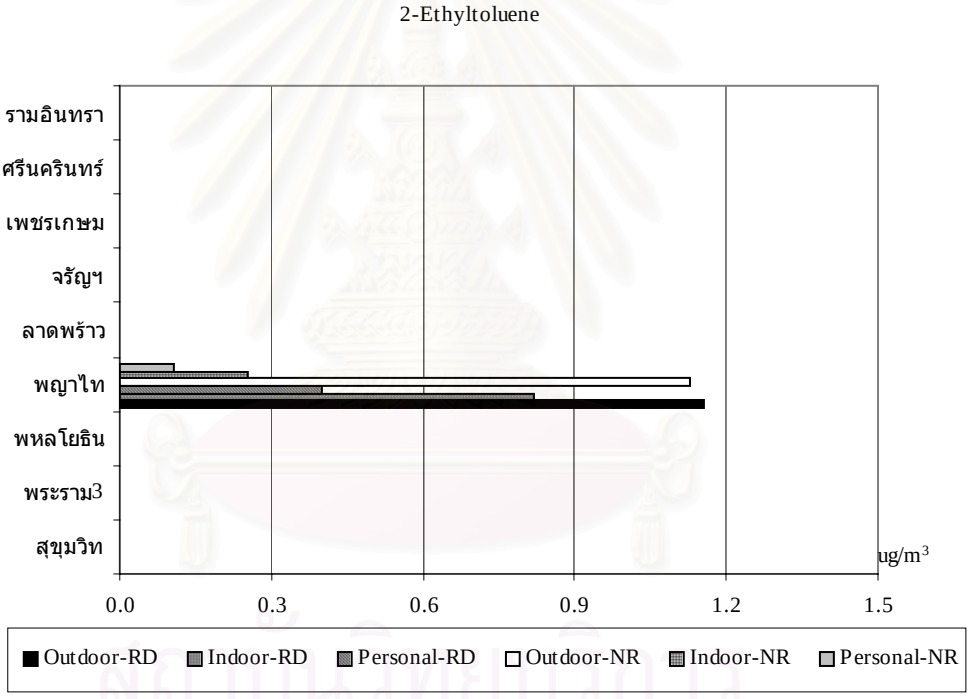
การรับสัมผัสของบุคคลทั่วไปใน ที่พักอาศัยทั้ง 9 พื้นที่มีค่าเฉลี่ยของปริมาณ Limonene อยู่ในช่วงตั้งแต่ 1.6-4.0 $\mu g/m^3$ จากการทดสอบความแตกต่างค่าเฉลี่ยของข้อมูลปริมาณความเข้มข้น Limonene ภายในอาคารที่พักอาศัย พบว่า $SK^a > JW^a = PK^a = SR^a > RT^b > PT^b > LP^b > PR^b > PY^c$

จากการเปรียบเทียบพบปริมาณ Limoneneในทุกพื้นที่ศึกษา ในแต่ละที่นั้นไม่ได้มีความสัมพันธ์กันในทั้ง 3 ลักษณะนั้นเนื่องมาจากลักษณะบ้านและกิจกรรมต่างๆที่แตกต่างกันและการปลูกต้นไม้ในบ้านมากน้อยต่างกันด้วย ซึ่งต้นไม้นั้นเป็นแหล่งกำเนิดหลักของ Limonene และพบว่าสาร Limonene ใน non-roadside > roadside

4.2.3.15 2-Ethyltoluene

บริเวณที่พักอาศัยที่อยู่ริมถนน (roadside) พบปริมาณ 2-Ethyltoluene จากการเก็บตัวอย่างทั้ง 9 พื้นที่ พบ 2-Ethyltoluene ในพื้นที่ศึกษา ราชเทวี เพียงพื้นที่เดียว ซึ่งมีปริมาณดังนี้ ภายนอกอาคารที่พักอาศัย มีปริมาณเฉลี่ย 1.2 $\mu g/m^3$ ภายในอาคารที่พักอาศัย มีปริมาณเฉลี่ย 0.8 และตัวบุคคล มีปริมาณเฉลี่ย 0.4 $\mu g/m^3$ และพื้นที่ทั่วไป (non-roadside) ภายนอกอาคารที่พักอาศัยมีปริมาณเฉลี่ย 1.1 $\mu g/m^3$ภายในอาคารที่พักอาศัย มีปริมาณเฉลี่ย 0.3 $\mu g/m^3$ และตัวบุคคล มีปริมาณเฉลี่ย 0.1$\mu g/m^3$ รายละเอียดเปรียบเทียบปริมาณ 2-Ethylbenzene ในพื้นที่ พญาไท ดังภาพที่ 4.26

จากการพบ 2-Ethyltoluene ในพื้นที่ศึกษาถนนพญาไทเพียงพื้นที่เดียว ดังนั้น เขตราชเทวีจึงแตกต่างกับทุกพื้นที่การศึกษาเนื่องจากพบสารชนิดนี้ที่มาจากรถยนต์ คือ outdoor > indoor > personal เพียงแห่งเดียว



ภาพที่ 4.26 ปริมาณเฉลี่ยของ 2-Ethyltoluene ที่ตรวจพบใน 9 พื้นที่ศึกษาในเขตกรุงเทพมหานคร

ตารางที่ 4.22 ปริมาณความเข้มข้นของสารอินทรีย์ระเหยในเขตกรุงเทพมหานคร

เขตเมือง	ความเข้มข้นของสารอินทรีย์ระเหย (ไมโครกรัม/ลูกบาศก์เมตร)							ที่มา
	Benzene	Toluene	Ethylbenzene	m,p-Xylene	o-Xylene	1,3,5-TMB	1,2,4-TMB	
ค่าเฉลี่ยจากผลการศึกษา RD(NR)	76.1(42.5)	213.7(136.6)	15.9(8.3)	26.2,14.8(21.5,11.3)	18.9(9.1)	3.3	9.8	
กรุงเทพมหานคร	3.4-35	28.9-559	2.1-147.3	8.9-249	_	_	_	Ivan และChristopher (1997)
รัชโยธิน	73.9	307.1	16	26.4	_	_	_	วรรณา และคณะ (2003)
อนุเสาวรีย์ชัยสมรภูมิ	85.3	307.1	22.1	36.9	35.2	_	_	วรรณา และคณะ (2003)
สีลม	244.9	613.1	60.5	122.6	74.1	46.5	179.3	วรรณา และคณะ (2003)
เยาวราช	180.2	745.1	83.2	159.9	82	43.2	239.1	วรรณา และคณะ (2003)

ตารางที่ 4.23 ปริมาณความเข้มข้นของสารอินทรีย์ระเหย เขตเมืองในแถบภูมิภาคเอเชีย

เขตเมือง	ความเข้มข้นของสารอินทรีย์ระเหย (ไมโครกรัม/ลูกบาศก์เมตร)								ที่มา
	Benzene	Toluene	Ethylbenzene	m,p-Xylene	o-Xylene	1,3,5-TMB	1,2,4-TMB	1,4-Dichlorobenzene	
ค่าเฉลี่ยจากผลการศึกษา RD(NR)	76.1(42.5)	213.7(136.6)	15.9(8.3)	26.2,14.8(21.5,11.3)	18.9(9.1)	3.3	9.8	3.5	
Manila ประเทศฟิลิปปินส์	ND-47.5	9.4-807	ND-80.3	ND-170.3	_	_	_	_	Ivan และChristopher (1997)
Seol ประเทศเกาหลี	39.81	147.87	1.64	38.99	50.52	_	_	_	Son และคณะ(2003)
ประเทศคูเวต	1805	_	267	1152	_	273	_	68	Walid และคณะ(1996)
Caracas ประเทศเวเนซูเอลา	3.6-43.9	14.8-56.2	2.8-8.3	9.2-27.1	_	_	_	_	Ivan และChristopher (1997)
Quito ประเทศเอควาดอร์	1.2-10.4	2.5-89.4	ND-8.7	3.4-15.5	_	_	_	_	Ivan และChristopher (1997)
Santiago ประเทศชิลี	7.1-40.4	9.6-54.9	3.9-11.7	13.6-58.7	_	_	_	_	Ivan และChristopher (1997)
Sao Paulo ประเทศบราซิล	5.0-29.6	10.6-74.7	2.1-10.5	6.7-38.2	_	_	_	_	Ivan และChristopher (1997)

ตารางที่ 4.24 ปริมาณความเข้มข้นของสารอินทรีย์ระเหยภายในอาคารที่พักอาศัย จาก 6 เมือง

เขตเมือง	ความเข้มข้นของสารอินทรีย์ระเหย (ไมโครกรัม/ลูกบาศก์เมตร)								ที่มา
	Benzene	Toluene	Ethylbenzene	m,p-Xylene	o-Xylene	1,3,5-TMB	Limonene	Decane	
ค่าเฉลี่ยจากผลการศึกษา RD(NR)	47.8(25.9)	146.5(102.1)	8.1(4.3)	17.5,9.5(10.5,6.5)	9.8(5.2)	2.1(0.1)	2.1 (2.9)	1.3 (1.0)	
Seol ประเทศเกาหลี	43.7	170.7	1.3	27.5	33.5	_	_	_	Son และคณะ(2003)
Helsinki ประเทศฟินแลนด์	4.9	21.3	3.2	7.4	2.4	0.9	14.2	_	Kostiainen (1995)
Helsinki ประเทศฟินแลนด์	1.7	5.6	1	3.1	1.3	_	_	1.1	Edwards และคณะ (2003)

ตาราง ที่ 4.25 การเปรียบเทียบปริมาณ การรับสัมผัส VOCs ($\mu g/m^3$) ของบุคคลทั่วไปในกรุงเทพมหานคร และเขตเมืองในแถบภูมิภาคเอเชีย

เขตเมือง	ความเข้มข้นของสารอินทรีย์ระเหย (ไมโครกรัม/ลูกบาศก์เมตร)					ที่มา
	Benzene	Toluene	Ethylbenzene	m,p-Xylene	o-Xylene	
ค่าเฉลี่ยจากผลการศึกษา RD(NR)	27.6(18.9)	74.6(60.2)	4.0(2.6)	9.5, 5.7(5.1,4.1)	4.5(3.7)	
กรุงเทพฯไทย	18.2	186.0	36.6	81.0	28.9	Gee and Sollars (1998)
Seol เกาหลี	41.2	193.3	2.0	35.5	39.5	Son, B.และคณะ(2003)
Manila ฟิลิปปินส์	12.6	168.0	21.9	55.8	16.8	Gee and Sollars (1998)
Taipeiไต้หวัน	160.0	367.0	77.0	149.0	95.0	Chan และคณะ (1994)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตาราง ที่ 4.26 การเปรียบเทียบปริมาณ การรับสัมผัส VOCs ($\mu g/m^3$) ของบุคคลทั่วไปในเขตเมืองในแถบละตินอเมริกา

เขตเมือง	ความเข้มข้นของสารอินทรีย์ระเหย (ไมโครกรัม/ลูกบาศก์เมตร)					ที่มา
	Benzene	Toluene	Ethylbenzene	m,p-Xylene	o-Xylene	
ค่าเฉลี่ยจากผลการศึกษา RD(NR)	27.6(18.9)	74.6(60.2)	4.0(2.6)	9.5, 5.7(5.1,4.1)	4.5(3.7)	
เม็กซิโก	13.5	78.9	8.6	19.4	8.7	Ortiz และคณะ (2001)
Caracas เวเนซูเอลา	14.2	28.9	5.0	16.4	5.7	Gee and Sollars (1998)
Quito เอควาดอร์	5.0	15.2	2.2	6.4	2.0	Gee and Sollars (1998)
Santiagoชิลี	14.8	29.8	6.5	25.2	8.9	Gee and Sollars (1998)
Sao Paulo บราซิล	16.7	28.1	6.0	18.5	6.2	Gee and Sollars (1998)
Boston อเมริกา	17.0	33.0	6.0	21.0	7.0	Chan และคณะ (1992)

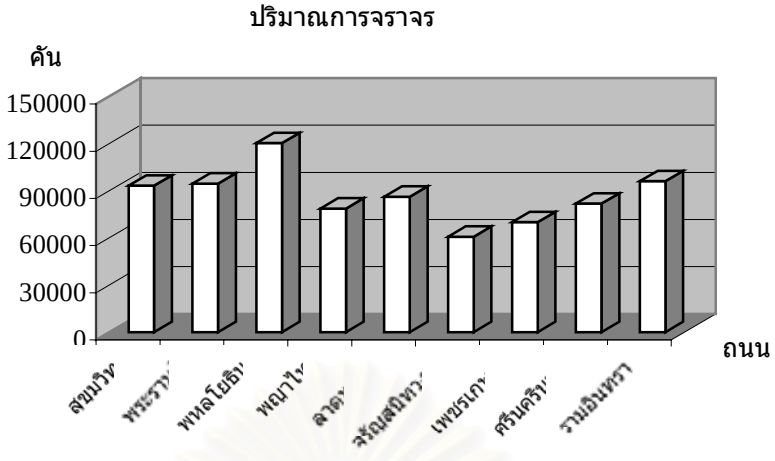
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จากการเปรียบเทียบปริมาณความเข้มข้นของสาร VOCs แต่ละชนิดในเขตกรุงเทพมหานคร บริเวณที่พักอาศัยที่อยู่ริมถนน (roadside) พบว่า สาร VOCs ภายนอกอาคารพบปริมาณสูงในเขตพระโขนง (ถนนสุขุมวิท) และเขตจตุจักร (ถนนพหลโยธิน) ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากปริมาณการจราจรบริเวณถนนพหลโยธินมีปริมาณรถยนต์มากกว่าพื้นที่อื่นๆ ดังแสดงในตารางที่ 4.21 และภาพที่ 4.27 จึงทำให้ปริมาณสาร VOCs มีปริมาณสูง ส่วนบริเวณถนนสุขุมวิทถึงแม้จะมีปริมาณรถยนต์ น้อยกว่า ถนนพระราม 3 และรามอินทรา แต่พื้นที่ศึกษาที่เลือกเก็บตัวอย่างนั้นมีโครงสร้างของถนนเป็นลักษณะปิด คือมีสถานีรถไฟฟ้าปิดทับบริเวณถนนและอาคารสูงอยู่ทั้ง 2 ฝั่ง จึงทำให้สารแพร่กระจายอยู่บริเวณที่เก็บตัวอย่างมากกว่าที่อื่นๆที่ถนนมีลักษณะเปิดโล่งกว่า สำหรับพื้นที่ศึกษาที่พบปริมาณสาร VOCs ต่ำได้แก่ เขตประเวศ (ถนนศรีนครินทร์) และเขตบางแค (ถนนเพชรเกษม) ซึ่งจากการสังเกตบริเวณจุดเก็บตัวอย่างภายนอกอาคารที่พักอาศัยที่ถนนศรีนครินทร์ พบว่า บริเวณบ้านมีรั้วกั้นระหว่างถนนกับบ้าน จึงทำให้ปริมาณสารแพร่กระจายจากถนนเข้าสู่บริเวณบ้านนั้นได้น้อยกว่าบริเวณอื่นๆที่ลักษณะบ้านไม่มีรั้วกั้นระหว่างถนนกับบ้านส่วนถนนเพชรเกษมนั้นถนนมีลักษณะกว้างและบ้านห่างจากถนนมากกว่าพื้นที่อื่นๆ สำหรับถนนจรัญสนิทวงศ์ถึงแม้มีปริมาณการจราจรที่ต่ำกว่าบริเวณอื่น แต่บ้านอยู่ใกล้กับถนนมากกว่า จึงทำให้บ้านบริเวณถนนจรัญสนิทวงศ์เพชรเกษมได้รับปริมาณสาร VOCs สูงกว่าถนนเพชรเกษม จากลักษณะบ้าน ลักษณะถนนและปริมาณการจราจรดังกล่าวแล้วข้างต้นนั้น ทำให้เราทราบว่ามีผลต่อปริมาณสาร VOCs ที่พบในแต่ละพื้นที่แตกต่างกัน ซึ่งปริมาณการจราจรในแต่ละถนนที่ทำการเก็บตัวอย่าง ดังตารางที่ 4.27 และ ภาพที่ 4.27

ตารางที่ 4.27 ปริมาณการจราจร (ไม่รวมรถจักรยานยนต์) บริเวณ 9 ถนน ของพื้นที่ศึกษา

ชื่อถนน (roadside)	ปริมาณการจราจร (คัน/วัน)	ชื่อถนน (roadside)	ปริมาณการจราจร (คัน/วัน)
สุขุมวิท	93,086	จรัญสนิทวงศ์	60,669
พระราม3	94,419	เพชรเกษม	69,893
พหลโยธิน	120,156	ศรีนครินทร์	81,724
พญาไท	78,583	รามอินทรา	95,951
ลาดพร้าว	86,061		

ที่มา: กองสารสนเทศจราจร สำนักการจราจรและขนส่ง กรุงเทพมหานคร ปี 2546-2548



ภาพที่ 4.27 ปริมาณการจราจร (ไม่รวมรถจักรยานยนต์) บริเวณ 9 ถนน ของพื้นที่ศึกษา

บริเวณภายในอาคารที่พักอาศัย และที่บุคคลที่ได้รับสัมผัส จากการเปรียบเทียบปริมาณความเข้มข้นของสาร VOCs แต่ละชนิดในเขตกรุงเทพมหานครบริเวณที่พักอาศัยที่อยู่ริมถนน (roadside) พบว่า สาร VOCs มีปริมาณสูงในเขตคันนายาว (ถนนรามอินทรา) และเขตจตุจักร (ถนนพหลโยธิน) ซึ่งมีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกับภายนอกอาคารที่พักอาศัย คือ เมื่อพบปริมาณสาร VOCs ภายนอกอาคารปริมาณสูง จะมีผลทำให้บริเวณภายในอาคารที่พักอาศัย และที่บุคคลได้รับสัมผัสสาร VOCs ในปริมาณที่สูงเช่นกัน จากการตอบแบบบันทึกกิจกรรมทำให้เราทราบว่าบ้านบริเวณถนนรามอินทราเปิดบ้านเป็นเวลานานกว่าพื้นที่อื่นๆ จึงทำให้ปริมาณสารเข้าสู่ภายในอาคารที่พักอาศัยในปริมาณที่สูง บุคคลรับสัมผัสจึงได้รับปริมาณสูงด้วย ส่วนบริเวณถนนสุขุมวิทนั้นภายในอาคารไม่ได้มีแนวโน้มไปในทางเดียวกันกับภายนอกที่พักอาศัย ซึ่งจะพบปริมาณสาร VOCs สูง แต่ภายในอาคาร และบุคคลได้รับสัมผัสกับมีปริมาณต่ำกว่าพื้นที่ศึกษาอื่นๆ เนื่องจากบ้านเป็นลักษณะปิดมีการกั้นกระจก และติดเครื่องปรับอากาศ ดังนั้นค่าที่ได้ภายในอาคาร และที่บุคคลได้รับสัมผัสจึงมีปริมาณต่ำ ซึ่งบ้านบริเวณถนนศรีนครินทร์ก็มีลักษณะเช่นเดียวกับถนนสุขุมวิท

จากการเปรียบเทียบปริมาณความเข้มข้นของสาร VOCs แต่ละชนิดในเขตกรุงเทพมหานครบริเวณพื้นที่ทั่วไป (non-roadside) พบปริมาณสาร VOCs ภายนอกอาคาร ภายในอาคาร และบุคคลได้รับสัมผัส มีปริมาณสูงในเขตพระโขนง (ถนนสุขุมวิท) เนื่องจากมีกิจกรรมที่ใช้สีในการประกอบอาชีพทุกวัน จากการตอบในแบบสอบถามจึงทำให้ปริมาณสาร VOCs มีปริมาณสูงกว่าพื้นที่ศึกษาอื่นๆ ส่วนพื้นที่ที่มีปริมาณต่ำนั้นไม่สามารถบอกพื้นที่ได้ชัดเจน

4.2.4 การเปรียบเทียบปริมาณสาร VOCs ที่ตรวจวัดได้กับค่ามาตรฐาน

ในประเทศไทยค่ามาตรฐานของสารอินทรีย์ระเหยในบรรยากาศยังไม่มีการประกาศใช้ ดังนั้นในการศึกษาครั้งนี้ จึงได้ทำการเปรียบเทียบค่าความเข้มข้นของสารอินทรีย์ระเหยบางชนิดกับค่ามาตรฐานที่ได้มีการกำหนดไว้ ซึ่งสาร VOCs บางชนิด ได้มีการจัดเป็นสารอันตรายและสารก่อมะเร็ง ได้แก่ Benzene สำหรับสาร Benzene ได้มีการกำหนดค่ามาตรฐานไว้เป็นแนวทางโดยพิจารณาบนพื้นฐานของความเสี่ยงต่อการก่อให้เกิดมะเร็ง โดยองค์การอนามัยโลก (WHO) ดังตารางที่ 4.28 จากการเก็บทั้งสามลักษณะพบว่าสาร Benzene บริเวณที่พักอาศัยที่อยู่ริมถนน (roadside) จากทั้ง 9 เขตพื้นที่มีค่าเกินค่ามาตรฐานที่กำหนด ส่วนบริเวณพื้นที่ทั่วไป (non-roadside) พบว่าสาร Benzene ภายนอกอาคารและภายในอาคารมีปริมาณเกินค่ามาตรฐานทั้ง 9 เขตพื้นที่ ยกเว้นภายในอาคารของเขตยานนาวา และที่บุคคลได้รับสัมผัสในทุกเขตพื้นที่ที่มีค่าไม่เกินค่ามาตรฐานที่กำหนดไว้ และจากผลการศึกษาที่ได้ชี้ให้เห็นว่า สาร Benzene เป็นปัญหามลพิษทางอากาศที่สำคัญ โดยเฉพาะในบริเวณที่พักอาศัยที่อยู่ริมถนน (roadside) ซึ่งผู้ที่พักอาศัยอยู่บริเวณนี้มีโอกาสเสี่ยงต่อสุขภาพจากการรับสัมผัสสาร Benzene ดังนั้นควรที่จะมีการศึกษาด้านการติดตามตรวจสอบสาร Benzene ในบรรยากาศอย่างต่อเนื่อง และหามาตรการในการลดปริมาณของสาร Benzene ในบรรยากาศต่อไป และสารชนิดอื่นๆที่เหลือที่สามารถเทียบกับค่า Guideline ได้ คือ Benzene Toluene Ethylbenzene และ Xylene ดังตารางที่ 4.29

ตารางที่ 4.28 ปริมาณสาร Benzene ที่ตรวจพบเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานโดยองค์การอนามัยโลก (WHO)

ชนิดของสาร VOCs	ค่าเฉลี่ย $\mu g/m^3$	ค่าเฉลี่ยมาตรฐาน WHO $\mu g/m^3$	Unit risk $(\mu g/m3)^{-1}$	IARC classification carcinogenic
Benzene	18.9 – 76.1	5.0-20.0	(4.4-7.5)x10-6	1A

จากการเปรียบเทียบค่าความเข้มข้นของสารอินทรีย์ระเหยบางชนิดกับค่ามาตรฐานที่ได้มีการกำหนดไว้ในบรรยากาศนั้นมีสาร VOCs บางชนิดที่สามารถพิจารณาเปรียบเทียบได้คือ Benzene Toluene Ethylbenzene และ Xylene ซึ่งจากผลการศึกษาครั้งนี้มีค่าไม่เกินมาตรฐานที่หน่วยงาน OSHA NIOSH ACGIH เป็นผู้กำหนด ดังตารางที่ 4.29

ตารางที่ 4.29 การเปรียบเทียบค่าความเข้มข้นของสารอินทรีย์ระเหยบางชนิดกับค่ามาตรฐานที่ได้ในบรรยากาศ

ชนิดของสาร VOCs	ค่าเฉลี่ยในหน่วย $\mu g/m^3$	ค่าเฉลี่ยในหน่วย ppm	หน่วยงาน	ปริมาณความเข้มข้น (ppm)
Benzene	18.9 – 76.1	5.9×10^{-3} – 0.02	OSHA NIOSH ACGIH OSHA	1.0 > 8 ชม. (TWA) 0.1 > 10 ชม. (TWA) 0.5 > 8 ชม. 2.5 (STEL)
Toluene	60.2 – 213.7	0.02 - 0.06	OSHA NIOSH ACGIH	100 ppm (TWA) 500 ppm (STEL) 100 ppm (TWA) 50 ppm (TWA)
Ethylbenzene	2.6 – 15.9	6.0×10^{-4} – 3.7×10^{-3}	OSHA	100 ppm > 10 ชม. (TWA) 125 ppm (STEL)
Xylene	3.7 – 26.2	3.7×10^{-3} – 0.03	OSHA ACGIH	0.1 mg $/m^3$ (TWA) 0.1 mg $/m^3$ (TWA)

4.2.5 การเปรียบเทียบสัดส่วนปริมาณความเข้มข้นภายใน/ภายนอกที่พักอาศัย (I/O ratio) จากชนิด VOCs ที่พบทั้งหมด

การเปรียบเทียบสัดส่วนปริมาณความเข้มข้นภายใน/ภายนอกที่พักอาศัย (I/O ratio) จากชนิด VOCs ที่พบทั้งหมด พบว่า มีสัดส่วนใกล้เคียงกัน คือ บริเวณที่พักอาศัยที่อยู่ริมถนน (roadside) มีสัดส่วนเฉลี่ยของสารแต่ละชนิดอยู่ในช่วง 0.5 ถึง 0.7 และพื้นที่ทั่วไป (non-roadside) มีสัดส่วนอยู่ในช่วง 0.2 ถึง 1.0 ดังแสดงในตารางที่ 4.30 และ 4.31 เมื่อพิจารณาสัดส่วน I/O ratio ของสารทุกชนิดในแต่ละพื้นที่ศึกษา ทั้ง 2 ประเภท สามารถได้ผลสรุปดังนี้

สัดส่วน I/O ratio บริเวณที่พักอาศัยที่อยู่ริมถนน (roadside) มีสัดส่วนเฉลี่ย 0.6±0.1 เมื่อพิจารณาสัดส่วน I/O ratio ในแต่ละพื้นที่เปรียบเทียบกัน พบว่า บริเวณที่พักอาศัยที่อยู่ริมถนน (roadside) ที่ถนนรามอินทรามีสัดส่วน I/O ratio 0.7 คือ ปริมาณสารอินทรีย์ระเหยภายใน และภายนอกที่พักอาศัยมีปริมาณสารใกล้เคียงกัน เนื่องจากบ้านบริเวณถนนนี้มีลักษณะบ้านเปิดโล่ง และเปิดบ้านนานกว่าพื้นที่ศึกษาอื่นๆ จึงทำให้สารอินทรีย์ระเหยจาภายนอกที่พักอาศัยแพร่กระจายเข้าสู่ภายในที่พักอาศัยได้ดี ส่วนบ้านบริเวณถนนสุขุมวิทนั้นมีสัดส่วน I/O ratio ที่ต่ำ คือ 0.3 อันเนื่องมาจากลักษณะบ้านเป็นลักษณะปิดมีการกั้นกระจก และติดเครื่องปรับอากาศ ดังนั้นค่าที่ได้ภายในอาคารจึงมีปริมาณต่ำเมื่อนำมาทำสัดส่วนกับภายนอกอาคารที่มีปริมาณสูงจึงทำให้ได้สัดส่วน I/O ratio ที่ต่ำกว่าพื้นที่ศึกษาอื่นๆ

สัดส่วน I/O ratio ของพื้นที่ทั่วไป (non-roadside) นั้นพบว่า มีค่าสัดส่วนใกล้เคียงกัน ซึ่งบริเวณพื้นที่ถนนเพชรเกษมนั้นให้สัดส่วน I/O ratio ดีกว่าพื้นที่ศึกษาอื่น คือ 0.8 เนื่องจากบริเวณนี้เป็นบ้านไม้มีลักษณะเปิดโล่ง และมีช่องระบายอากาศจึงทำให้สาร VOCs จากภายนอกแพร่เข้าสู่ภายในอาคารได้ดี ดังนั้นปริมาณสารอินทรีย์ระเหยภายใน และภายนอกที่พักอาศัยจึงมีปริมาณสารใกล้เคียงกัน

จากการศึกษาสัดส่วน I/O ratio บริเวณที่พักอาศัยที่อยู่ริมถนน (roadside) และ พื้นที่ทั่วไป (non-roadside) จากการเปรียบเทียบสัดส่วนปริมาณความเข้มข้น I/O ratio จะเห็นว่า สัดส่วนมีปริมาณใกล้เคียงกันทั้ง 2 พื้นที่ คือ 0.6 ± 0.1จึงทำให้ทราบว่า การรับสัมผัสสารแต่ละชนิดมีแนวโน้มในลักษณะเดียวกัน และจากการการหาสัดส่วนพบว่าภายนอกอาคารจะสูงกว่า ภายในอาคารที่พักอาศัย ถึง 2 เท่า ซึ่งต่างจากการศึกษาสัดส่วนปริมาณความเข้มข้นภายใน/ภายนอกอาคารที่พักอาศัย (I/O ratio) จากการศึกษาในประเทศเยอรมนี (Schneider และคณะ, 2001) ได้ทำการหาสัดส่วนปริมาณความเข้มข้นภายใน/ภายนอกอาคารที่พักอาศัย (I/O ratio) ของสาร BTEX พบว่าภายในอาคารจะมีปริมาณสูงกว่าภายนอกอาคาร ซึ่งสัดส่วนที่ได้จะอยู่ในช่วง 1.2 – 7.6 และจากการศึกษาในเมือง Seol ประเทศเกาหลี โดย Son และคณะ (2003) I/O ratio อยู่ในช่วง 0.94 – 1.96 พบว่าจากการศึกษาของทั้งในประเทศเยอรมัน และประเทศเกาหลีนั้นมีค่าสัดส่วน I/O ratio สูงกว่าการศึกษาในครั้งนี้

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.30 การเปรียบเทียบสัดส่วนปริมาณความเข้มข้นภายใน/ภายนอก ที่พักอาศัย (I/O ratio) ที่อยู่ริมถนน (roadside)

สารประกอบ VOCs	สุขุมวิท	พระราม3	พหลโยธิน	พญาไท	ลาดพร้าว	จรัญฯ	เพชรเกษม	ศรีนครินทร์	รามอินทรา	ค่าเฉลี่ย	SD
Benzene	0.5	0.6	0.7	0.7	0.7	0.6	0.6	0.5	0.9	0.6	0.1
Toluene	0.4	0.8	0.8	0.7	0.7	0.8	0.6	0.5	0.8	0.7	0.1
Ethylbenzene	0.2	0.5	0.6	0.6	0.5	0.6	0.5	0.5	0.9	0.5	0.2
m-Xylene	0.4	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.6	0.9	0.7	0.1
p-Xylene	0.2	0.5	0.6	0.5	0.4	0.6	0.6	0.4	0.7	0.5	0.2
o-Xylene	0.3	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.7	0.5	0.1
3-Ethyltoluene	0.3	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.6	0.5	0.6	0.5	0.1
4-Ethyltoluene	0.3	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.6	0.5	0.5	0.5	0.1
1,3,5-Trimethylbenzene	0.3	0.6	0.5	0.5	0.5	nd	nd	0.6	0.6	0.5	0.1
Decane	0.4	0.6	0.5	0.5	nd	nd	nd	nd	0.6	0.5	0.1
1,2,4-Trimethylbenzene	0.3	0.5	0.5	nd	0.5	0.5	0.6	0.6	0.7	0.5	0.1
1,4-Dichlorobenzene	0.3	0.6	0.6	0.5	0.5	nd	0.5	0.5	0.7	0.5	0.1
1,2,3-Trimethylbenzene	0.3	0.5	0.6	nd	0.4	0.6	0.6	0.3	0.6	0.5	0.1
Limonene	0	0.8	0.9	nd	nd	0.9	nd	0.3	nd	0.6	0.4
2-Ethyltoluene	nd	nd	nd	0.7	nd	nd	nd	nd	nd	0.7	0
ค่าเฉลี่ย	0.3	0.6	0.6	0.6	0.5	0.6	0.6	0.5	0.7	0.6	0.1

ตารางที่ 4.31 การเปรียบเทียบสัดส่วนปริมาณความเข้มข้นภายใน/ภายนอก ที่พักอาศัย (I/O ratio) ในพื้นที่ทั่วไป (non-roadside)

สารประกอบ VOCs	สุขุมวิท	พระราม3	พหลโยธิน	พญาไท	ลาดพร้าว	จรัญฯ	เพชรเกษม	ศรีนครินทร์	รามอินทรา	ค่าเฉลี่ย	SD
Benzene	0.5	0.5	0.7	0.5	0.6	0.7	0.8	0.7	0.6	0.6	0.1
Toluene	0.6	0.7	0.6	0.9	0.7	0.7	1.0	0.8	0.8	0.8	0.1
Ethylbenzene	0.4	0.4	0.6	0.6	0.4	0.6	0.7	0.5	0.5	0.5	0.1
m-Xylene	0.7	0.5	0.7	0.6	0.5	0.8	0.9	0.5	0.8	0.6	0.1
p-Xylene	0.6	0.5	0.5	0.6	0.4	0.5	0.8	0.6	0.7	0.6	0.1
o-Xylene	0.8	0.4	0.5	0.5	0.4	0.5	0.7	0.7	0.5	0.6	0.1
3-Ethyltoluene	0.6	nd	0.6	1.2	nd	nd	nd	0.6	0.6	0.7	0.3
4-Ethyltoluene	0.7	nd	nd	0.4	nd	nd	nd	0.5	nd	0.5	0.1
1,3,5-Trimethylbenzene	0.2	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0.2	0
Decane	0.6	nd	nd	0.2	nd	nd	nd	nd	nd	0.4	0.3
1,2,4-Trimethylbenzene	0.6	0.5	0.5	nd	0.5	nd	nd	0.5	0.5	0.5	0.1
1,4-Dichlorobenzene	1.5	nd	nd	0.5	nd	nd	nd	nd	nd	1	0.7
1,2,3-Trimethylbenzene	0.9	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0.9	0
Limonene	0.8	0.6	0.6	0.8	0.8	0.9	0.8	0.7	0.8	0.7	0.1
2-Ethyltoluene	nd	nd	nd	0.2	nd	nd	nd	nd	nd	0.2	0
ค่าเฉลี่ย	0.7	0.5	0.6	0.6	0.5	0.7	0.8	0.6	0.6	0.6	0.1

4.3 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ (Correlation) ระหว่างปริมาณ VOCs ที่ปรากฏบริเวณพื้นที่ ภายในและนอกอาคาร และที่บุคคลทั่วไปได้รับ

จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ (Correlation) ระหว่างปริมาณ VOCs ที่ปรากฏบริเวณพื้นที่ภายในภายนอกอาคาร และที่บุคคลทั่วไปได้รับสัมผัสสารทั้งในบริเวณที่พักอาศัยที่อยู่ริมถนน (roadside) และพื้นที่ทั่วไป (non-roadside) จากการเก็บตัวอย่างทั้ง 9 พื้นที่ โดยใช้ระดับความสัมพันธ์ ที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95 % ความสัมพันธ์ที่ได้แสดงค่าด้วยสัมประสิทธ์สหสัมพันธ์ (r) และ P-value และจากการหาความสัมพันธ์นั้นมีสารบางชนิดที่ไม่สามารถหาความสัมพันธ์ได้ เนื่องจากจำนวนข้อมูลปริมาณความเข้มข้นมีค่าไม่ถึง 50 % จากจำนวนข้อมูลทั้งหมดจะแสดงค่าเป็น NC ในตารางความสัมพันธ์ (Correlation)ดังตารางที่ 4.32 และ 4.33 ซึ่งได้ค่าสัมประสิทธ์สหสัมพันธ์ (r) เข้าใกล้ 1 นั้นจะทำให้ค่า P-value ที่ได้นั้นเป็นศูนย์ และทำให้ผลปริมาณสารจากจุดเก็บทั้ง 3 ลักษณะมีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญ

จากการความสัมพันธ์ (Correlation) ระหว่างปริมาณ VOCs ที่ปรากฏบริเวณพื้นที่ภายใน (Indoor) ภายนอกอาคาร (outdoor) และที่บุคคลทั่วไป (personal) ได้รับในบริเวณที่พักอาศัยที่อยู่ริมถนน (roadside) ดังตารางที่ 4.32 นั้นพบว่าสารที่พบส่วนใหญ่จะมีความสัมพันธ์กันทั้ง outdoor indoor และ personal ยกเว้นสาร Benzene และ m-Xylene ที่พบ outdoor และ personal ไม่สัมพันธ์กัน นอกจากนี้สาร Toluene p-Xylene 3-Ethyltoluene และ 4-Ethyltoluene นั้นพบว่า outdoor/indoor outdoor/personal ทั้งสองลักษณะไม่สัมพันธ์กัน แต่อย่างไรก็ตามสารทุกชนิดที่พบในบริเวณที่พักอาศัยที่อยู่ริมถนน (roadside) จะให้ความสัมพันธ์ระหว่าง indoor และ personal นั้นมีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญ

ความสัมพันธ์ (Correlation) ระหว่างปริมาณ VOCs ที่ปรากฏบริเวณพื้นที่ภายใน (Indoor) ภายนอกอาคาร (outdoor) และที่บุคคลทั่วไป (personal) ได้รับ ในพื้นที่ทั่วไป (non-roadside) ดังตารางที่ 4.33 นั้นพบว่าสารที่พบส่วนใหญ่จะมีความสัมพันธ์กันทั้ง outdoor indoor และ personal ยกเว้นสาร Benzene Toluene และ 3-Ethyltoluene ที่มีบางลักษณะไม่สัมพันธ์กัน แต่อย่างไรก็ตามสารทุกชนิดที่พบในบริเวณนี้ จะให้ความสัมพันธ์ระหว่าง indoor และ personal นั้นมีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญ ยกเว้น สาร Toluene ที่ indoor และ personal ไม่สัมพันธ์กัน เนื่องจากสารชนิดนี้มีแหล่งกำเนิดที่หลากหลาย ดังนั้นบุคคลทั่วไปอาจได้รับสัมผัสเองไม่ได้มาจากแหล่งกำเนิดภายในอาคารได้

จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ (Correlation) จากทั้ง 2 บริเวณนั้นสารที่พบส่วนใหญ่จะมีความสัมพันธ์กันทั้ง outdoor indoor และ personal ซึ่งจากปัจจัยเกี่ยวกับลักษณะบ้านในแต่ละที่ไม่เหมือนกัน จึงทำให้มีแนวโน้มบางสารเท่านั้นที่สัมพันธ์กัน และจากตารางนั้นจะทราบว่าความสัมพันธ์จากการเก็บตัวอย่างสารทั้ง 3 ลักษณะ ในพื้นที่ทั่วไป (non-roadside) จะได้ความสัมพันธ์ที่ดีกว่า ในบริเวณที่พักอาศัยที่อยู่ริมถนน (roadside) เนื่องจากปริมาณสารที่อยู่ริมถนนนั้นมีการแพร่กระจายจากแหล่งกำเนิด

เข้าสู่บ้าน ทำให้ภายในอาคารและตัวบุคคลได้รับในปริมาณที่สูงด้วยแต่ในบางพื้นที่ลักษณะบ้านเป็นแบบปิด หรือมีการกั้นห้องมีผนังกั้น ทำให้ลักษณะบ้านที่เป็นแบบนี้สารจะแพร่กระจายเข้าสู่ในบ้านและตัวบุคคลต่ำกว่าแบบเปิดโล่งจึงทำให้บ้านในบริเวณที่พักอาศัยที่อยู่ริมถนน (roadside) มีแนวโน้มของสารไม่สัมพันธ์กัน ทั้ง 3 ลักษณะเนื่องจากมีปัจจัยของบ้านต่างกัน แต่สารทุกตัวจะมีแนวโน้มความสัมพันธ์ภายในอาคาร และตัวบุคคลนั้นสัมพันธ์กัน ซึ่งจากการที่ไม่สัมพันธ์กันนั้นไม่ได้มาจากลักษณะบ้านที่เป็นปัจจัยหลักสำคัญเพียงอย่างเดียวอาจมาจากพฤติกรรมของสารที่มีการแพร่กระจายที่ต่างกัน

ตารางที่ 4.32 ความสัมพันธ์ (Correlation) ระหว่างปริมาณ VOCs ที่ปรากฏบริเวณพื้นที่ภายใน (Indoor) ภายนอกอาคาร (outdoor) และที่บุคคลทั่วไป (personal) ได้รับ ในบริเวณที่พักอาศัยที่อยู่ริมถนน (roadside)

สารอินทรีย์ระเหย(VOCs)	outdoor/Indoor	outdoor/personal	indoor/personal
Benzene	r = 0.352**(p = 0.005)	r = 0.226 (p = 0.075)	r = 0.699**(p = 0.000)
Toluene	r = -0.065 (p = 0.613)	r = -0.043 (p = 0.737)	r = 0.843 **(p = 0.000)
Ethylbenzene	r = -0.344**(p = 0.006)	r = -0.305*(p = 0.015)	r = 0.915 **(p = 0.000)
m-Xylene	r = 0.268*(p = 0.033)	r = 0.230 (p = 0.070)	r = 0.820 **(p = 0.000)
p-Xylene	r = -0.036 (p = 0.777)	r = -0.020 (p = 0.878)	r = 0.895**(p = 0.000)
o-Xylene	r = 0.335**(p = 0.007)	r = 0.271*(p = 0.032)	r = 0.869**(p = 0.000)
3-Ethyltoluene	r = -0.009 (p = 0.947)	r = -0.166 (p = 0.193)	r = 0.729**(p = 0.000)
4-Ethyltoluene	r = 0.145 (p = 0.258)	r = 0.038 (p = 0.769)	r = 0.771**(p = 0.000)
1,3,5-Trimethylbenzene	r = 0.842**(p = 0.000)	r = 0.789**(p = 0.000)	r = 0.905**(p = 0.000)
Decane	r = 0.954**(p = 0.000)	r = 0.846**(p = 0.000)	r = 0.838**(p = 0.000)
1,2,4-Trimethylbenzene	r = 0.855**(p = 0.000)	r = 0.768**(p = 0.000)	r = 0.936**(p = 0.000)
1,4-Dichlorobenzene	r = 0.625**(p = 0.000)	r = 0.820**(p = 0.000)	r =0.770**(p = 0.000)
1,2,3-Trimethylbenzene	r = 0.727**(p = 0.000)	r = 0.576**(p = 0.000)	r = 0.857**(p = 0.000)
Limonene	NC	NC	NC

หมายเหตุ : ** ระดับความเชื่อมั่น 99 % * ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ตารางที่ 4.33 ความสัมพันธ์ (Correlation) ระหว่างปริมาณ VOCs ที่ปรากฏบริเวณพื้นที่ภายใน (Indoor) ภายนอกอาคาร (outdoor) และที่บุคคลทั่วไป (personal) ได้รับ ในพื้นที่ทั่วไป (non-roadside)

สารอินทรีย์ระเหย(VOCs)	outdoor/Indoor	outdoor/personal	indoor/personal
Benzene	r = 0.374**(p = 0.003)	r = 0.024 (p = 0.851)	r = 0.622**(p = 0.000)
Toluene	r = 0.372**(p = 0.003)	r = -0.209 (p = 0.100)	r = 0.199 (p = 0.117)
Ethylbenzene	r = 0.599**(p = 0.000)	r = 0.325**(p = 0.009)	r = 0.624**(p = 0.000)
m-Xylene	r = 0.798**(p = 0.000)	r = 0.681**(p = 0.000)	r = 0.819**(p = 0.000)
p-Xylene	r = 0.701**(p = 0.000)	r = 0.729**(p = 0.000)	r = 0.767**(p = 0.000)
o-Xylene	r = 0.884**(p = 0.000)	r = 0.831**(p = 0.000)	r = 0.967**(p = 0.000)
3-Ethyltoluene	r = 0.066 (p = 0.610)	r = 0.176 (p = 0.168)	r = 0.690**(p = 0.000)
4-Ethyltoluene	NC	NC	NC
1,3,5-Trimethylbenzene	NC	NC	NC
Decane	NC	NC	NC
1,2,4-Trimethylbenzene	NC	NC	NC
1,4-Dichlorobenzene	NC	NC	NC
1,2,3-Trimethylbenzene	NC	NC	NC
Limonene	r = 0.730**(p = 0.000)	r = 0.580**(p = 0.000)	r = 0.703**(p = 0.000)

หมายเหตุ : ** ระดับความเชื่อมั่น 99 % * ระดับความเชื่อมั่น 95 %

4.4 การคาดคะเนปริมาณ VOCs โดยใช้ สมการของ Time Weight Average

การหาปริมาณ VOCs แต่ละชนิดโดยใช้ สมการของ Time Weight Average ดังแสดงในสมการที่ 3.5 (บทที่ 3) ซึ่งลักษณะสมการ ดังนี้ คือ

$$Pi = (\mathrm{Ti}Ci + \mathrm{To}Co) / (\mathrm{Ti}+\mathrm{To})$$

เมื่อ

Pi = ความเข้มข้นของ VOCs ที่บุคคลได้รับสัมผัสใน 1 วัน

Ti = จำนวนชม.ที่ใช้ภายในอาคารของผู้เก็บตัวอย่างในช่วงเวลา 1 วัน

To = จำนวนชม.ที่ใช้ภายนอกอาคารของผู้เก็บตัวอย่างในช่วงเวลา 1 วัน

Ci = ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของ VOCs ที่ตรวจวัดภายในอาคารของผู้เก็บตัวอย่าง

Co = ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของ VOCs ที่ตรวจวัดภายนอกอาคารของผู้เก็บตัวอย่าง

จากการคาดคะเนปริมาณ VOCs แต่ละชนิดโดยใช้ สมการของ Time Weight Average ซึ่งนำจำนวนชั่วโมงที่อยู่ภายในอาคารของผู้เก็บตัวอย่าง และภายนอกอาคารของผู้เก็บตัวอย่างที่ได้จากการบันทึกกิจกรรมในแต่ละวัน ตามแบบฟอร์มที่ แสดงในภาคผนวก ง มาคำนวณในสมการแสดงค่าเป็น *Pi* และได้นำมาเปรียบเทียบกับค่าที่ตรวจวัดได้จริงที่บุคคลได้รับสัมผัส (*Po*) โดยแสดงเป็น *Po* / *Pi* ดังแสดงในตารางที่ 4.34 และสามารถสรุปค่าต่างๆจากทุกพื้นที่ศึกษาได้ดังนี้

Po / *Pi* ของ Benzene	มีค่าระหว่าง	0.5 – 0.8	เฉลี่ยเท่ากับ	0.65
Po / *Pi* ของ Toluene	มีค่าระหว่าง	0.4 – 0.8	เฉลี่ยเท่ากับ	0.55
Po / *Pi* ของ Ethylbenzene	มีค่าระหว่าง	0.4 – 0.7	เฉลี่ยเท่ากับ	0.52
Po / *Pi* ของ m-Xylene	มีค่าระหว่าง	0.4 – 0.7	เฉลี่ยเท่ากับ	0.55
Po / *Pi* ของ p-Xylene	มีค่าระหว่าง	0.4 – 1.0	เฉลี่ยเท่ากับ	0.52
Po / *Pi* ของ o-Xylene	มีค่าระหว่าง	0.4 – 1.0	เฉลี่ยเท่ากับ	0.52
Po / *Pi* ของ 3-Ethyltoluene	มีค่าระหว่าง	0.3 – 0.8	เฉลี่ยเท่ากับ	0.44
Po / *Pi* ของ 4-Ethyltoluene	มีค่าระหว่าง	0.2 – 0.7	เฉลี่ยเท่ากับ	0.53
Po / *Pi* ของ 1,3,5-TMB	มีค่าระหว่าง	0.4 – 0.6	เฉลี่ยเท่ากับ	0.50
Po / *Pi* ของ Decane	มีค่าระหว่าง	0.5 – 1.0	เฉลี่ยเท่ากับ	0.73
Po / *Pi* ของ 1,2,4-TMB	มีค่าระหว่าง	0.4 – 0.8	เฉลี่ยเท่ากับ	0.54
Po / *Pi* ของ 1,4-Dichlorobenzene	มีค่าระหว่าง	0.5 – 0.8	เฉลี่ยเท่ากับ	0.60
Po / *Pi* ของ 1,2,3-TMB	มีค่าระหว่าง	0.3 – 0.7	เฉลี่ยเท่ากับ	0.54
Po / *Pi* ของ Limonene	มีค่าระหว่าง	0.7 – 2.3	เฉลี่ยเท่ากับ	1.22

ในทุกพื้นที่ที่ทำการศึกษา ค่าที่ได้จากการคำนวณ (*Pi*) นำมาเฉลี่ยและเปรียบเทียบกับค่าเฉลี่ยที่ตรวจวัดได้จริง (*Po*) ซึ่ง พบว่า *Pi* เฉลี่ย มีค่าเฉลี่ยมากกว่าปริมาณค่าเฉลี่ยจริง *Po* ของสารแต่ละชนิดประมาณ 2 เท่า ซึ่งต่างจากการศึกษาของ Son และคณะ (2003) ที่จะได้ *Pi* เฉลี่ย มีค่าเฉลี่ยน้อยกว่าปริมาณค่าเฉลี่ยที่วัดได้จริง ซึ่งจากการศึกษาของ Son และคณะ ผู้ร่วมเก็บตัวอย่างออกไปทำงานนอกบ้าน แต่จากการศึกษาในครั้งนี้ผู้ร่วมเก็บตัวอย่างอาศัยหรือทำงานอยู่ในที่พักอาศัยของตนเอง ซึ่งจากการคำนวณเมื่อใช้เวลาส่วนใหญ่อยู่ในบ้าน ค่าที่ได้ของ *Pi* จึงเป็นผลที่ได้จากความเข้มข้นที่ภายในอาคาร ดังนั้นในการรับสัมผัสจริงนั้นก็จะมีค่าใกล้เคียงภายในอาคารด้วย แต่เนื่องจากในการศึกษาครั้งนี้จุดเก็บภายในอาคารมีเพียงจุดเดียว คือ บริเวณห้องนั่งเล่น แต่บุคคลที่เก็บตัวอย่างการรับสมผัสมีการเคลื่อนที่ไปในที่ต่างๆในบ้านตลอดเวลา และยังใช้เวลาในการพักผ่อนในห้องนอนเป็นเวลานาน 6-10 ชั่วโมง ดังนั้นค่าที่ได้จากการรับสัมผัสจริงจึงมีปริมาณต่ำกว่าค่าที่ได้จากการคำนวณ จึงทำให้ค่า $Pi \sim 2Po$ และสาร VOCs ให้แนวโน้มในลักษณะเดียวกันทุกพื้นที่ศึกษา แต่สำหรับ Limonene พบว่า ค่าที่ได้จากการรับสัมผัสจริงมีปริมาณสูงกว่าค่าที่ได้จากการคำนวณ เพราะผู้ที่ร่วมเก็บตัวอย่างในครั้งนี้มีการทำกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับต้นไม้ อาทิเช่น มีการปลูกและรดน้ำต้นไม้ (จากการตอบแบบบันทึกกิจกรรม)

จากการศึกษาในครั้งนี้ถึงแม้ว่าค่าที่ได้ *Pi* เฉลี่ย มีค่าเฉลี่ยมากกว่าปริมาณค่าเฉลี่ยจริง *Po* ก็ตาม แต่เมื่อนำมาหาความสัมพันธ์ระหว่าง *Pi* และ *Po* ค่าความสัมพันธ์ที่ได้นั้น พบว่ามีความสัมพันธ์ที่ดี คือ มีค่า R^2 ระหว่าง 0.4214 – 0.9243 พบค่าที่ตรวจวัดได้จริงกับค่าที่ได้จากการคาดคะเนมีความสัมพันธ์กันดีในสารบางชนิด ยกเว้นสาร Decane ที่ให้ค่า R^2 เท่ากับ 0.4214 เนื่องจากในพื้นที่ศึกษาส่วนใหญ่จะไม่พบสาร Decane จึงทำให้มีข้อมูลในการนำมาหาความสัมพันธ์นั้นน้อยกว่าสารชนิดอื่นจึงทำให้ได้ค่า R^2 ต่ำ ดังภาพที่ 4.28

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.34 การเปรียบเทียบปริมาณจากการรับสัมผัสจริงกับการคำนวณโดยใช้สมการ Time Weight Average

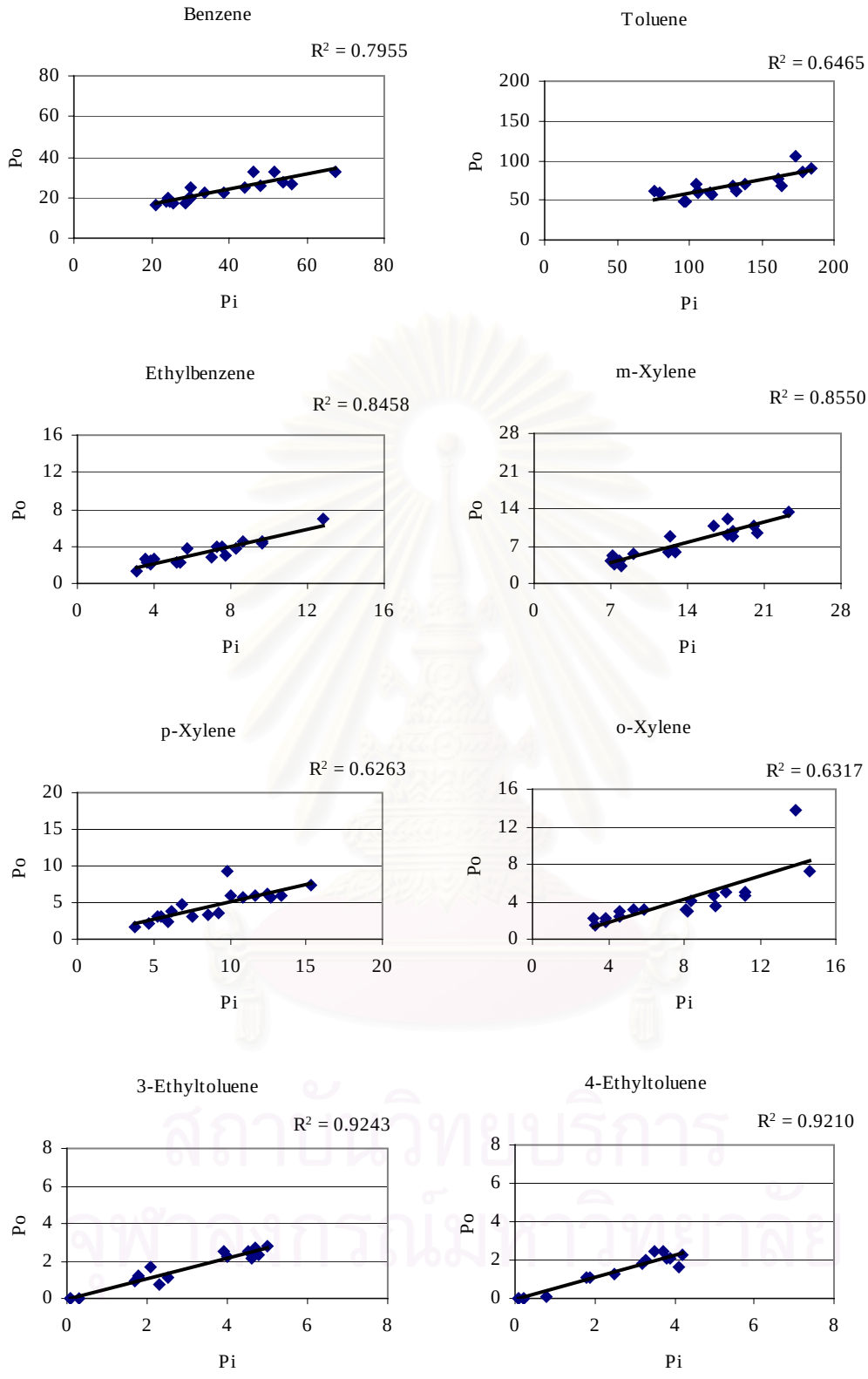
พื้นที่ศึกษา		Benzene	Toluene	Ethylbenzene	m-Xylene	p-Xylene	o-Xylene	3-Ethyltoluene	4-Ethyltoluene	1,3,5-Trimethylbenzene	Decane	1,2,4-Trimethylbenzene	1,4-Dichlorobenzene	1,2,3-Trimethylbenzene	Limonene
SK/RD	Pi	38.6±4.4	97.5±11.0	5.2±0.7	12.7±1.5	4.7±1.7	8.1±0.9	2.5±0.3	2.5±0.3	1.2±0.2	1.0±0.2	3.8±0.5	1.2±0.2	1.3±0.2	0.1
	Po	22.3±1.8	49.1±4.0	2.2±0.3	6.1±0.8	2.1±1.3	3.1±0.9	1.1±0.1	1.3±0.1	0.7±0.1	0.6±0.3	1.6±0.3	0.6±0.1	0.6±0.1	-
	Po/Pi	0.6	0.5	0.4	0.5	0.4	0.4	0.5	0.5	0.6	0.7	0.4	0.5	0.4	-
SK/NR	Pi	28.6±3.4	95.8±18.1	5.4±1.0	16.4±2.1	9.8±2.5	13.9±1.9	1.7±0.8	1.9±0.8	0.1±0.2	1.5±1.0	2.7±0.9	3.1±3.8	3.1±1.4	3.1±1.5
	Po	17.0±2.3	49.3±13.6	2.3±1.0	10.8±4.9	9.3±1.2	13.8±16	0.9±0.5	1.1±0.5	0±0.1	1.3±1.1	2.1±1.5	2.1±2.3	1.7±1.1	4.0±1.4
	Po/Pi	0.6	0.5	0.4	0.7	1	1	0.5	0.6	0.4	0.8	0.8	0.7	0.6	1.3
PR/RD	Pi	48.1±3.1	177.9±3.4	9.6±1.1	20.3±2.8	12.7±1.1	11.2±1.3	4.6±0.9	3.3±1.9	2.0±1.0	1.5±0.4	6.5±0.9	3.7±0.6	2.5±0.5	2.7±0.1
	Po	25.7±1.2	84.8±1.4	4.3±0.7	9.5±1.6	5.7±0.5	4.7±0.5	2.1±0.3	2.0±1.0	1.2±0.7	0.8±0.4	2.9±0.6	2.5±1.3	1.3±0.5	2.4±0.1
	Po/Pi	0.5	0.5	0.5	0.5	0.4	0.4	0.4	0.6	0.6	0.5	0.4	0.7	0.5	0.9
PR/NR	Pi	21.3±1.4	104.5±6.6	3.6±0.5	7.9±1.2	5.9±0.7	3.9±0.7	0.3±0.2	0.2±0.1	-	-	2.9±0.4	-	-	2.2±0.4
	Po	16.1±0.9	71.1±4.1	2.2±0.4	3.3±0.4	2.3±0.3	1.9±0.4	-	-	-	-	1.4±0.4	-	-	2.7±0.4
	Po/Pi	0.8	0.7	0.6	0.4	0.4	0.5	-	-	-	-	0.5	-	-	1.2
PT/RD	Pi	54.0±3.1	184.3±7.7	9.6±0.5	20.1±1.7	13.4±1.5	11.2±0.8	4.8±0.2	4.2±0.2	2.3±0.1	1.2±0.4	6.1±0.4	3.9±0.6	2.7±0.2	1.1±1.4
	Po	27.9±1.8	89.5±3.6	4.6±0.3	10.6±1.3	5.9±0.5	5.1±0.9	2.3±0.1	2.3±0.1	1.2±0.1	1.1±0.4	3.0±0.2	2.4±0.3	1.7±0.4	2.6±1.0
	Po/Pi	0.5	0.5	0.5	0.5	0.4	0.5	0.5	0.5	0.5	0.9	0.5	0.6	0.6	2.3
PT/NR	Pi	30.3±3.0	79.7±4.3	5.7±0.6	9.1±1.0	6.8±1.3	5.3±0.9	2.1±0.5	0.2±0.1	-	-	2.9±0.6	-	-	2.7±0.4
	Po	25.0±2.3	59.1±4.9	3.8±0.6	5.6±0.5	4.7±0.9	3.1±0.5	1.7±0.3	-	-	-	1.8±0.5	-	-	3.3±0.3
	Po/Pi	0.8	0.7	0.7	0.6	0.7	0.6	0.8	-	-	-	0.6	-	-	1.3

ตารางที่ 4.34 (ต่อ) การเปรียบเทียบปริมาณจากการรับสัมผัสจริงกับการคำนวณโดยใช้สมการ Time Weight Average

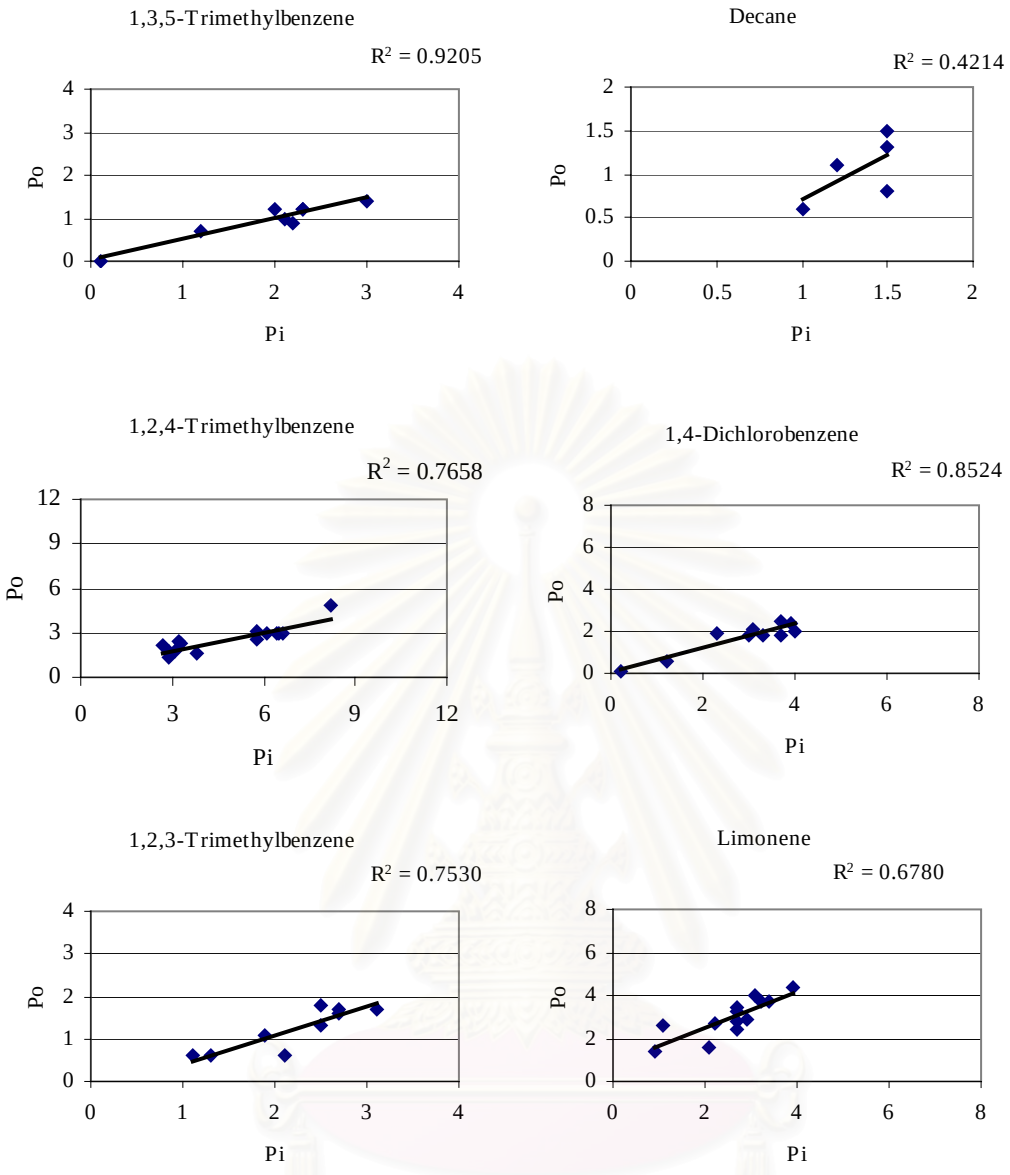
พื้นที่ศึกษา		Benzene	Toluene	Ethylbenzene	m-Xylene	p-Xylene	o-Xylene	3-Ethyltoluene	4-Ethyltoluene	1,3,5-Trimethylbenzene	Decane	1,2,4-Trimethylbenzene	1,4-Dichlorobenzene	1,2,3-Trimethylbenzene	Limonene
PY/RD	Pi	51.9±1.1	138.3±8.9	8.6±0.9	17.7±2.0	10.9±1.1	9.6±1.0	4.5±0.5	3.7±0.4	2.3±0.2	1.5±0.2	-	2.3±0.2	-	-
	Po	32.7±1.5	71.4±2.2	4.6±0.6	12.1±1.7	5.8±0.8	4.6±0.6	2.5±0.3	2.5±0.3	1.2±0.2	1.5±0.2	-	1.9±0.3	-	-
	Po/Pi	0.6	0.5	0.5	0.7	0.5	0.5	0.6	0.7	0.5	1	-	0.8	-	-
PY/NR	Pi	24.8±2.9	132.7±19.6	7.3±0.9	7.8±2.5	7.5±0.6	4.6±0.4	2.3±2.1	0.8±0.1	-	-	-	0.2±0.1	-	2.1±0.9
	Po	18.4±2.3	61.8±5.2	4.0±0.6	4.1±0.4	3.1±0.6	2.4±0.3	0.7±0.2	0.1±0.1	-	0.2±0.1	-	0.1±0.1	-	1.6±0.3
	Po/Pi	0.7	0.5	0.5	0.5	0.4	0.5	0.3	0.2	-	-	-	0.5	-	0.7
LP/RD	Pi	56.2±1.9	163.3±1.7	7.7±0.4	18.1±0.6	9.3±0.9	9.7±0.8	4.7±0.5	4.1±0.3	2.2±0.3	-	6.6±0.7	4.0±0.3	2.1±0.6	-
	Po	27.0±1.8	68.0±10.0	3.0±0.2	9.9±1.5	3.5±0.3	3.6±0.6	2.7±0.6	1.6±0.5	0.9±0.4	-	2.9±0.5	2.0±0.2	0.6±0.2	-
	Po/Pi	0.5	0.4	0.4	0.5	0.4	0.4	0.6	0.4	0.4	-	0.4	0.5	0.3	-
LP/NR	Pi	30.2±2.3	105.7±2.8	3.1±0.7	7.3±1.0	3.8±0.8	3.3±0.4	0.1±0.1	0.1±0.1	-	-	3.1±0.5	-	0.0±0.0	2.7±0.4
	Po	19.8±2.0	60.0±5.5	1.3±0.4	3.6±0.7	1.7±0.5	1.4±0.4	-	-	-	-	1.8±0.4	-	0.0±0.0	2.8±0.3
	Po/Pi	0.7	0.6	0.4	0.5	0.5	0.4	-	-	-	-	0.6	-	-	1
JW/RD	Pi	46.2±2.7	161.5±9.8	8.3±1.4	17.7±2.2	11.7±1.5	10.2±1.0	4.0±0.5	3.2±1.4	-	-	5.8±0.7	-	2.5±0.4	2.9±0.3
	Po	32.7±1.1	75.9±13.1	3.8±0.8	9.0±1.5	6.0±1.1	5.1±0.7	2.2±0.5	1.8±0.9	-	-	3.1±0.8	-	1.8±0.7	2.9±0.3
	Po/Pi	0.7	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.6	0.6	-	-	0.5	-	0.7	1
JW/NR	Pi	24.4±2.1	76.0±5.5	3.8±0.6	12.4±1.7	6.2±0.8	3.9±0.8	-	-	-	-	-	-	-	3.4±0.4
	Po	19.5±1.5	62.0±7.4	2.1±0.4	8.7±1.0	3.7±0.6	2.2±0.4	-	-	-	-	-	-	-	3.7±0.4
	Po/Pi	0.8	0.8	0.5	0.7	0.6	0.6	-	-	-	-	-	-	-	1.1

ตารางที่ 4.34 (ต่อ) การเปรียบเทียบปริมาณจากการรับสัมผัสจริงกับการคำนวณโดยใช้สมการ Time Weight Average

พื้นที่ศึกษา		Benzene	Toluene	Ethylbenzene	m-Xylene	p-Xylene	o-Xylene	3-Ethyltoluene	4-Ethyltoluene	1,3,5-Trimethylbenzene	Decane	1,2,4-Trimethylbenzene	1,4-Dichlorobenzene	1,2,3-Trimethylbenzene	Limonene
PK/RD	Pi	44.0±3.2	130.7±10.0	7.5±0.9	18.1±0.9	12.5±1.1	8.4±0.7	4.7±0.5	3.9±0.6	-	-	5.8±0.9	3.3±0.1	1.9±0.5	-
	Po	24.5±2.5	69.1±5.6	3.9±0.5	8.7±0.9	6.1±0.7	4.1±0.4	2.6±0.4	2.1±0.4	-	-	2.6±0.4	1.8±0.4	1.1±0.3	-
	Po/Pi	0.6	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.6	0.5	-	-	0.4	0.5	0.6	-
PK/NR	Pi	23.9±2.4	114.1±5.6	3.5±0.4	7.2±0.9	5.2±0.7	3.2±0.4	0.1±0.1	-	-	-	-	-	-	3.9±0.5
	Po	17.7±1.0	60.0±4.0	2.6±0.4	5.1±0.5	3.0±0.5	2.3±0.4	-	-	-	-	-	-	-	4.4±0.4
	Po/Pi	0.7	0.5	0.7	0.7	0.6	0.7	-	-	-	-	-	-	-	1.1
SR/RD	Pi	33.8±4.8	114.0±9.8	7.0±1.5	12.9±2.1	8.6±2.0	8.2±1.5	3.9±0.6	3.5±1.1	2.1±0.6	-	6.4±1.1	3.7±0.2	1.1±0.4	0.9±0.3
	Po	22.6±1.8	59.3±6.3	2.9±0.7	5.8±0.9	3.4±0.9	3.0±0.5	2.5±0.4	2.5±0.5	1.0±0.3	-	2.9±0.4	1.8±0.7	0.6±0.2	1.4±0.3
	Po/Pi	0.7	0.5	0.4	0.5	0.4	0.4	0.6	0.7	0.5	-	0.5	0.5	0.6	1.5
SR/NR	Pi	29.8±2.9	116.0±4.1	4.0±0.9	7.0±1.1	5.5±0.9	4.6±0.9	1.8±0.4	1.8±0.5	-	-	3.2±0.6	-	-	3.2±0.7
	Po	19.4±2.8	56.6±5.4	2.6±0.5	4.1±0.5	3.1±0.5	3.0±0.5	1.1±0.4	1.1±0.3	-	-	2.4±0.5	-	-	3.7±0.4
	Po/Pi	0.7	0.5	0.7	0.6	0.6	0.7	0.6	0.6	-	-	0.7	-	-	1.1
RT/RD	Pi	67.3±2.3	173.2±7.5	12.8±1.0	23.2±2.2	15.3±1.5	14.6±1.2	5.0±0.8	3.8±0.6	3.0±0.4	1.6±0.3	8.2±0.6	3.0±0.5	2.7±0.6	-
	Po	33.0±2.0	104.4±3.6	7.0±0.9	13.5±2.0	7.4±0.8	7.2±1.2	2.8±0.5	2.1±0.5	1.4±0.3	0.7±0.3	4.8±0.8	1.8±0.5	1.6±0.4	-
	Po/Pi	0.5	0.6	0.5	0.6	0.5	0.5	0.6	0.5	0.5	0.5	0.6	0.6	0.6	-
RT/NR	Pi	25.4±1.8	106.5±3.8	3.8±0.7	12.2±0.8	10.0±1.1	5.9±0.6	1.8±0.5	0.1±0.1	-	-	3.3±0.8	-	-	2.7±0.5
	Po	17.1±1.7	61.8±8.9	2.5±0.5	6.0±0.8	6.0±0.6	3.2±0.5	1.2±0.5	-	-	-	2.3±0.6	-	-	3.4±0.4
	Po/Pi	0.7	0.6	0.7	0.5	0.6	0.5	0.7	-	-	-	0.7	-	-	1.3
ค่าเฉลี่ย	Po/Pi	0.65	0.55	0.52	0.55	0.52	0.52	0.44	0.53	0.50	0.73	0.54	0.60	0.54	1.22



ภาพที่ 4.28 ความสัมพันธ์ระหว่าง *Pi* และ *Po*



ภาพที่ 4.28 (ต่อ) ความสัมพันธ์ระหว่าง *Pi* และ *Po*

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.5 การวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบสอบถาม

จากการออกแบบแบบสอบถามที่ใช้เป็นข้อมูลเพิ่มเติมในการเก็บตัวอย่าง VOCs เกี่ยวกับข้อมูลทั่วไป ข้อมูลบ้าน และข้อมูลเกี่ยวกับพฤติกรรม (ดังภาคผนวก ง) ซึ่งใช้แบบสอบถามทั้งหมด 18 ชุด โดยมีผู้รวมตอบแบบสอบถามจากพื้นที่ศึกษา ทั้ง 9 พื้นที่ รวม 18 คน แบ่งเป็น บริเวณที่พักอาศัยที่อยู่ริมถนน (roadside) และพื้นที่ทั่วไป (non-roadside) อย่างละ1 คน รวมพื้นที่ศึกษาละ 2 คน โดยรายละเอียดผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากการเก็บข้อมูลเพิ่มเติมโดยใช้แบบสอบถาม ดังนี้

4.5.1 ข้อมูลทั่วไป

จากการเก็บข้อมูลเพิ่มเติมโดยใช้แบบสอบถาม เกี่ยวกับข้อมูลทั่วไปนั้น ได้ทำการเก็บข้อมูลต่างๆ และสรุปรายละเอียดดังนี้

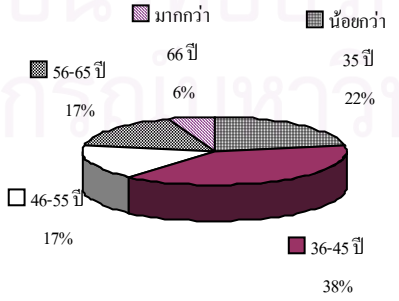
1) อายุ

ผู้ร่วมเก็บตัวอย่าง VOCs ทั้งหมด มีอายุเฉลี่ยอยู่ที่ 46 ปี สูงสุดที่ 79 ปี และต่ำสุด 31 ปี โดยผู้ร่วมเก็บตัวอย่างที่เป็นชายจะมีอายุเฉลี่ย 36 ปี สูงสุด 42 ปี ต่ำสุด 32 ปี และผู้รวมเก็บตัวอย่างหญิงจะมีอายุเฉลี่ย 48 ปี สูงสุด 79 ปี และต่ำสุด 31 ปี ดังภาพที่ 4.29

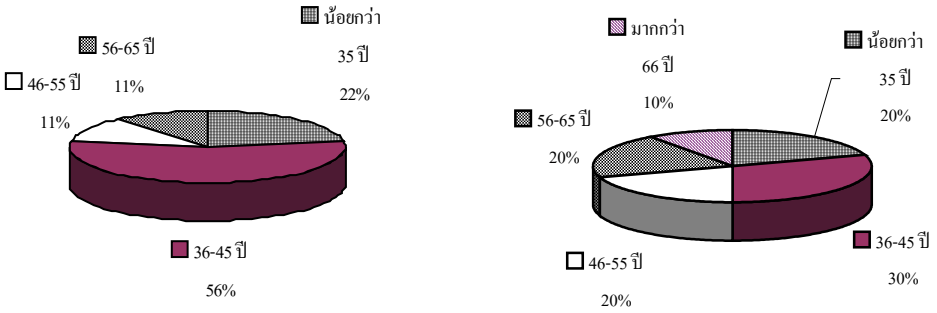
ผู้ร่วมเก็บตัวอย่าง VOCs บริเวณที่พักอาศัยที่อยู่ริมถนน (roadside) มีอายุเฉลี่ยอยู่ที่ 42 ปี สูงสุดที่ 56 ปี และต่ำสุด 32 ปี โดยผู้ร่วมเก็บตัวอย่างที่เป็นชายจะมีอายุเฉลี่ย 37 ปี สูงสุด 42 ปี ต่ำสุด 32 ปี และผู้รวมเก็บตัวอย่างหญิงจะมีอายุเฉลี่ย 44 ปี สูงสุด 56 ปี และต่ำสุด 32 ปี ดังภาพที่ 4.29

ผู้ร่วมเก็บตัวอย่าง VOCs บริเวณพื้นที่ทั่วไป (non-roadside) มีอายุเฉลี่ยอยู่ที่ 50 ปี สูงสุดที่ 79 ปี และต่ำสุด 31 ปี โดยผู้ร่วมเก็บตัวอย่างที่เป็นชายจะมีอายุเฉลี่ย 35 ปี สูงสุด 35 ปี ต่ำสุด 35 ปี และผู้รวมเก็บตัวอย่างหญิงจะมีอายุเฉลี่ย 52 ปี สูงสุด 79 ปี และต่ำสุด 31 ปี ดังภาพที่ 4.29

จากการวิเคราะห์อายุของผู้ร่วมเก็บตัวอย่างนั้น ได้นำผลมาทำเป็นเปอร์เซนต์ช่วงอายุเพิ่มเติมว่าผู้ร่วมเก็บตัวอย่างส่วนใหญ่มีช่วงอายุอยู่ในช่วงอายุที่ 36-45 ปี



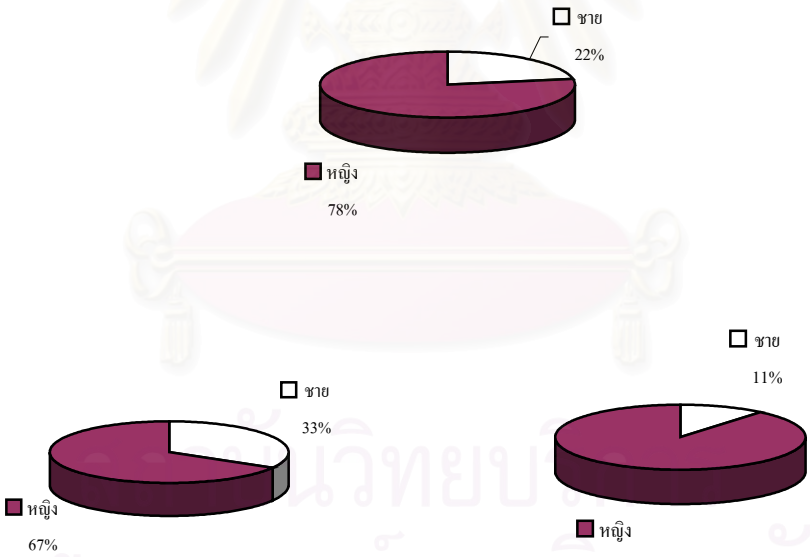
ภาพที่ 4.29 การกระจายตัวของอายุของผู้เก็บตัวอย่าง



ภาพที่ 4.29 (ต่อ) การกระจายตัวของอายุของผู้เก็บตัวอย่าง

2) เพศ

ผู้ร่วมเก็บตัวอย่าง VOCs ทั้งหมด มีเพศชายทั้งหมด 22 เปอร์เซ็นต์ และเพศหญิง 78 เปอร์เซนต์ ซึ่งในบริเวณที่พักอาศัยที่อยู่ริมถนน (roadside) เป็นเพศชาย 33 เปอร์เซ็นต์ และเพศหญิง 67 เปอร์เซนต์ และบริเวณพื้นที่ทั่วไป (non-roadside) เป็นเพศชาย 11 เปอร์เซ็นต์ และเพศหญิง 89 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งจะพบว่าผู้ร่วมเก็บตัวอย่างส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง ดังภาพที่ 4.30

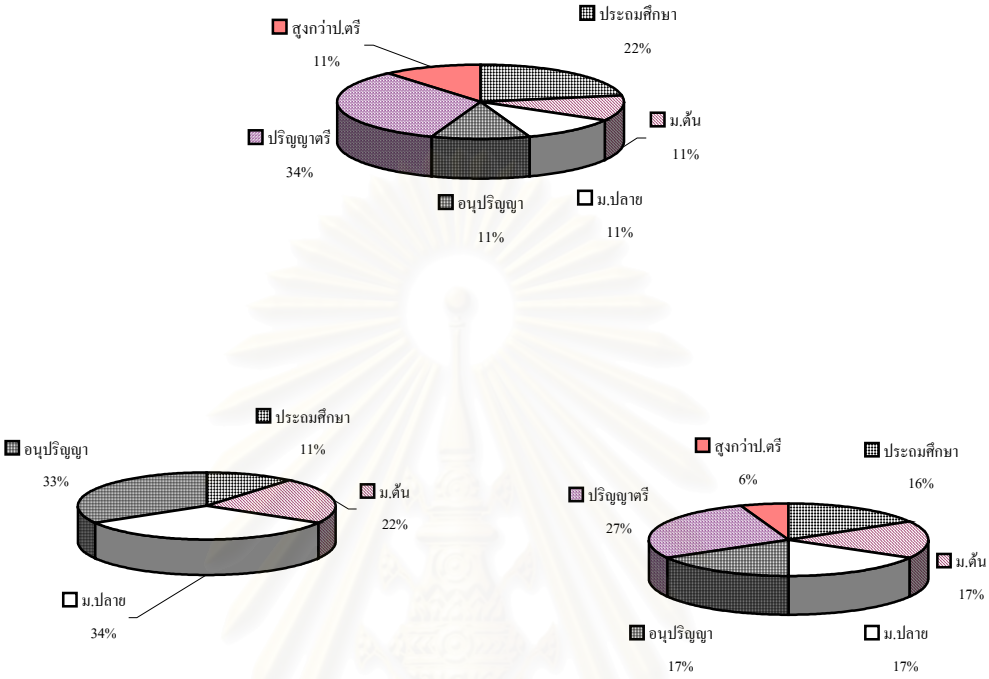


ภาพที่ 4.30 สัดส่วนเพศชาย-หญิงของผู้เก็บตัวอย่าง

3) ระดับการศึกษา

ผู้ร่วมเก็บตัวอย่าง VOCs บริเวณพื้นที่ทั่วไป (non-roadside) จะมีเปอร์เซนต์สูงสุดในระดับมัธยมศึกษาตอนปลายหรือเทียบเท่า 34 เปอร์เซ็นต์ และอนุปริญญา 33 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาในระดับมัธยมศึกษาตอนต้น 22 เปอร์เซ็นต์ และต่ำสุดในระดับประถมศึกษา 11 เปอร์เซ็นต์ ดังภาพที่ 4.31

ผู้ร่วมเก็บตัวอย่าง VOCs บริเวณพื้นที่ทั่วไป (non-roadside) ไม่พบการศึกษาระดับปริญญาตรี และสูงกว่าปริญญาตรี ซึ่งทำให้ทราบว่า บริเวณที่พักอาศัยที่อยู่ริมถนน (roadside) มีระดับการศึกษาสูงกว่าในบริเวณพื้นที่ทั่วไป (non-roadside) ดังภาพที่ 4.31



ภาพที่ 4.31 ระดับการศึกษาของผู้เก็บตัวอย่าง

4) อาชีพ

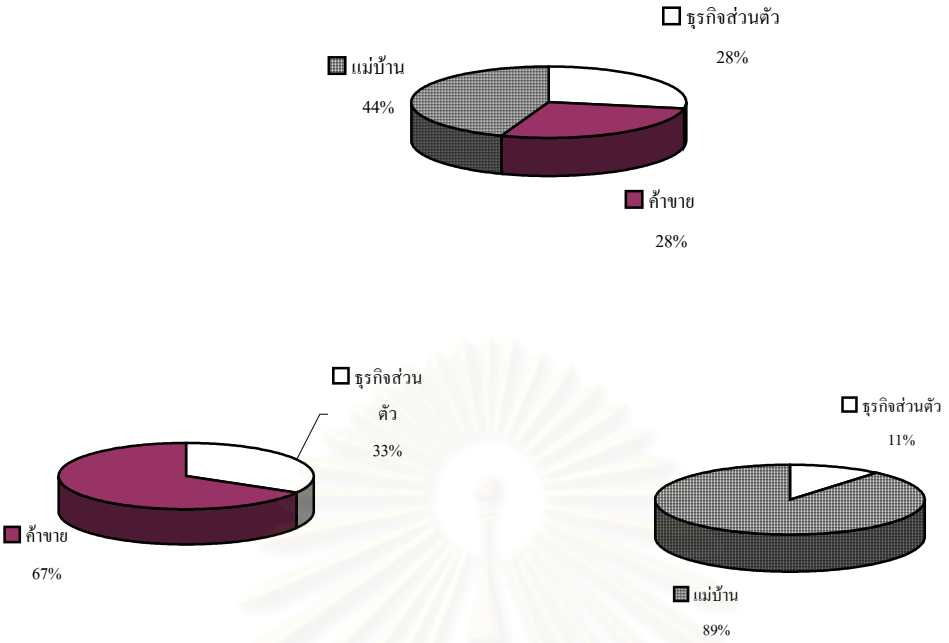
ผู้ร่วมเก็บตัวอย่าง VOCs ทั้งหมด ส่วนใหญ่มีอาชีพเป็น แม่บ้าน 44 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาอาชีพธุรกิจส่วนตัว และค้าขาย 28 เปอร์เซ็นต์ ดังภาพที่ 4.32

ผู้ร่วมเก็บตัวอย่าง VOCs บริเวณที่พักอาศัยที่อยู่ริมถนน (roadside) ส่วนใหญ่มีอาชีพ ค้าขาย 67 เปอร์เซ็นต์ และ อาชีพธุรกิจส่วนตัว 33 เปอร์เซ็นต์ โดยไม่พบอาชีพแม่บ้านในพื้นที่การศึกษานี้ ดังภาพที่ 4.32

ผู้ร่วมเก็บตัวอย่าง VOCs บริเวณพื้นที่ทั่วไป (non-roadside) ส่วนใหญ่มีอาชีพ แม่บ้าน 89 เปอร์เซ็นต์ และ อาชีพธุรกิจส่วนตัว 11 เปอร์เซ็นต์ โดยไม่พบอาชีพค้าขายในพื้นที่การศึกษานี้ ดังภาพที่ 4.32

บริเวณที่พักอาศัยที่อยู่ริมถนน (roadside) ส่วนใหญ่มีอาชีพ ค้าขาย ซึ่งแตกต่างกับในบริเวณพื้นที่ทั่วไป (non-roadside) ส่วนใหญ่มีอาชีพ แม่บ้าน

จากการเก็บข้อมูลเพิ่มเติมโดยใช้แบบสอบถาม เกี่ยวกับข้อมูลทั่วไปนั้นไม่ได้มีผลกับปริมาณ VOCs ที่ได้ในแต่ละพื้นที่



ภาพที่ 4.32 ลักษณะอาชีพของผู้เก็บตัวอย่าง

4.5.2 ข้อมูลเกี่ยวกับบ้าน

จากการเก็บข้อมูลเพิ่มเติมโดยใช้แบบสอบถาม เกี่ยวกับข้อมูลบ้านนั้น ได้ทำการเก็บข้อมูลต่างๆ และสรุปรายละเอียดดังนี้

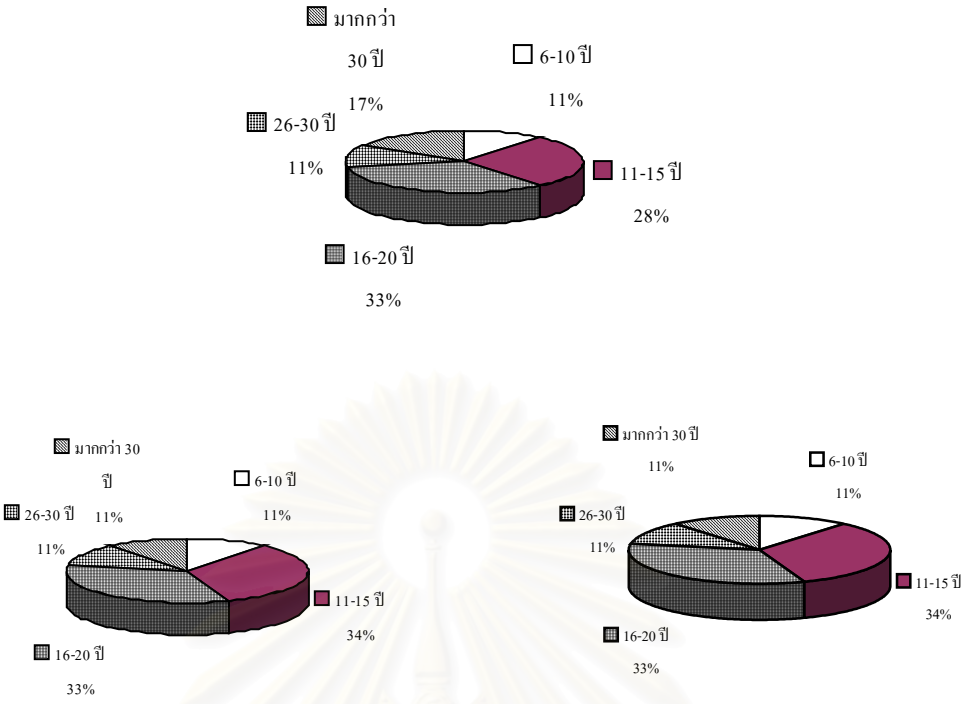
1) อายุบ้าน (ปี)

อายุบ้านของผู้ร่วมเก็บตัวอย่าง VOCs ทั้งหมด โดยแบ่งเป็นช่วงอายุ รายละเอียด ดังนี้ ช่วง 6-10 ปี และ26-30 ปี มี11 เปอร์เซ็นต์ 11-15 ปี 28 เปอร์เซ็นต์ 16-20 ปี 33 เปอร์เซ็นต์ และ มากกว่า 30 ปี 17 เปอร์เซ็นต์ จะเห็นว่าอายุบ้านของผู้ร่วมเก็บตัวอย่างส่วนใหญ่มีอายุบ้านอยู่ที่ มากกว่า 30 ปี ดังภาพที่ 4.33

อายุบ้านของผู้ร่วมเก็บตัวอย่าง VOCs บริเวณที่พักอาศัยที่อยู่ริมถนน (roadside) ส่วนใหญ่มีอายุบ้านอยู่ที่ 16-20 ปี 33 เปอร์เซ็นต์ ดังภาพที่ 4.33

อายุบ้านของผู้ร่วมเก็บตัวอย่าง VOCs บริเวณพื้นที่ทั่วไป (non-roadside) ส่วนใหญ่มีอายุบ้านอยู่ที่ 11-15 ปี 34 เปอร์เซ็นต์ และ16-20 ปี 33 เปอร์เซ็นต์ ดังภาพที่ 4.33

เมื่อนำอายุบ้านมาเชื่อมโยงกับการศึกษาการรับสัมผัสสาร VOCs นั้นพบว่าบ้านส่วนใหญ่มีอายุบ้านสูงจึงไม่มีผลกับปริมาณ VOCs เพราะวัสดุที่ใช้ในการสร้างบ้าน อาทิเช่น สี และตัวทำละลายนั้นได้ระเหยไปนานแล้ว บ้านทั้งหมดที่เป็นตัวแทนในการเก็บตัวอย่างครั้งนี้จึงไม่ก่อให้เกิดปริมาณ VOCs จากปัจจัยเกี่ยวกับอายุบ้าน



ภาพที่ 4.33 ข้อมูลบ้านเกี่ยวกับ อายุบ้าน (ปี)

2) ระยะทางของบ้านที่ห่างจากถนนสายหลัก (กม.)

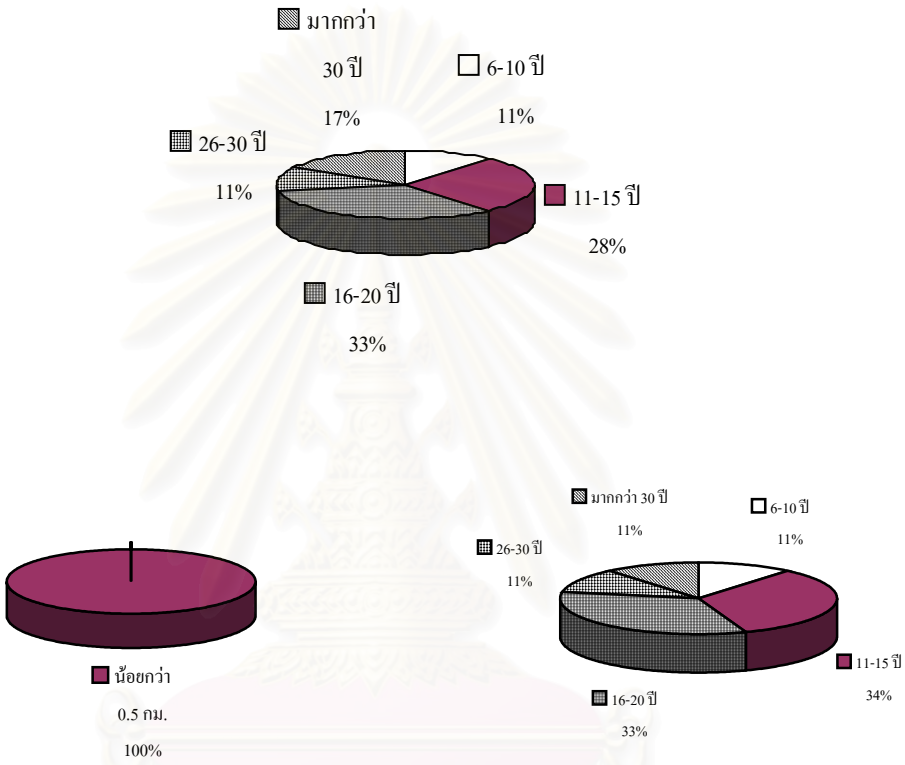
บ้านของผู้ร่วมเก็บตัวอย่าง VOCs ทั้งหมด มีระยะทางของบ้านที่ห่างจากถนนสายหลัก (กม.) โดยแบ่งระยะทางเป็น 6 ช่วง คือ น้อยกว่า 0.5 กม. มีบ้านทั้งหมด 49 เปอร์เซ็นต์ 0.6-1.5 กม. มีบ้านทั้งหมด 28 เปอร์เซ็นต์ 1.6-2.5 กม. มีบ้านทั้งหมด 6 เปอร์เซ็นต์ 2.6-3.5 กม. ไม่ปรากฏข้อมูล 3.6-4.5 มีบ้านทั้งหมด 11 เปอร์เซ็นต์ และมากกว่า 4.5 กม. มีบ้านทั้งหมด 6 เปอร์เซ็นต์ ดังภาพที่ 4.34

บ้านของผู้ร่วมเก็บตัวอย่าง VOCs บริเวณที่พักอาศัยที่อยู่ริมถนน (roadside) มีระยะทางของบ้านที่ห่างจากถนนสายหลัก (กม.)ในทุกพื้นที่ น้อยกว่า 0.5 กม. 100 เปอร์เซ็นต์ ดังภาพที่ 4.34

ระยะทางของบ้านที่ห่างจากถนนสายหลัก (กม.) น้อยกว่า 0.5 กม. นั้น บ้านในบริเวณนี้จะได้รับปริมาณสาร VOCs จากการจราจรบนถนนสายหลักที่มาจากรถยนต์ ดังนั้นระยะทางของบ้านที่ห่างจากถนนสายหลัก (กม.) น้อยกว่า 0.5 กม. จึงมีผลกับการรับสัมผัสสาร VOCs ที่พักอาศัยในบริเวณนี้

บ้านของผู้ร่วมเก็บตัวอย่าง VOCs บริเวณพื้นที่ทั่วไป (non-roadside) มีระยะทางของบ้านที่ห่างจากถนนสายหลัก (กม.) อยู่ในช่วง 0.6-1.5 กม. ที่ 56 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาที่ 22 เปอร์เซ็นต์ ที่ระยะ 3.6-4.5 กม. และ 11 เปอร์เซ็นต์ ที่ระยะ 1.6-2.5 และมากกว่า 4.5 กม. โดยระยะทางของบ้านที่ห่างจากถนนสายหลัก (กม.) อยู่ในช่วง 0.6-1.5 กม. มากที่สุด ดังภาพที่ 4.34

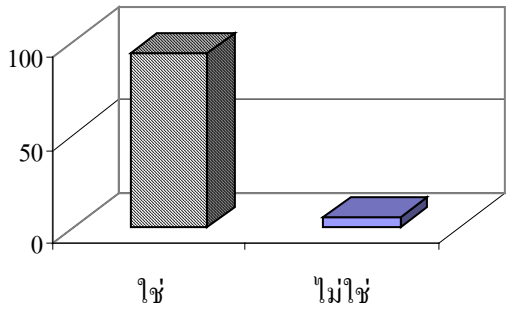
ระยะทางของบ้านที่ห่างจากถนนสายหลัก (กม.) อยู่ในช่วง 0.6-1.5 กม. มากที่สุด ในบริเวณพื้นที่ทั่วไป (non-roadside) นั้น ถึงแม้จะห่างจากถนนสายหลักมากกว่าบริเวณที่พักอาศัยที่อยู่ริมถนน (roadside) แต่รถยนต์ในถนนสายย่อยในหมู่บ้านก็อาจส่งผลให้ในบริเวณนี้ได้รับปริมาณสาร VOCs จากรถยนต์ได้เช่นเดียวกันแต่ปริมาณน้อยกว่าเนื่องจากปริมาณจราจรไม่คับคั่งเท่ากับถนนสายหลัก



ภาพที่ 4.34 สัดส่วนของจำนวนบ้านที่ห่างจากถนนสายหลักที่ระยะต่างๆ (กม.)

3) บ้านมีที่ตั้งห่างจากโรงงาน

บ้านของผู้ร่วมเก็บตัวอย่าง VOCs มีที่ตั้งห่างจากโรงงาน ทั้งหมด 94.4 เปอร์เซ็นต์ โดยมีบ้านอยู่ใกล้โรงงานเพียงแห่งเดียวที่ พื้นที่ทั่วไป (non-roadside) ของพระราม 3 มี เปอร์เซ็นต์ อยู่ที่ 5.6 เปอร์เซ็นต์ ดังภาพที่ 4.35 ดังนั้นจึงนำมาทดสอบทางสถิติ โดยใช้ nonparametric Binomial Test ดังตารางที่ 4.35



ภาพที่ 4.35 ปริมาณบ้านมีที่ตั้งห่างจากโรงงาน

ตารางที่ 4.35 Binomial Test ของบ้านของผู้ร่วมเก็บตัวอย่าง VOCs มีที่ตั้งห่างจากโรงงาน

	Category	N	Observed Prop.	Test Prop.	Exact Sig. (2-tailed)
Group 1	ใช่	17	0.94	0.5	0.000
Group 2	ไม่ใช่	1	0.06		
Total		18	1		

จากตารางที่ 4.35 จากตัวอย่าง 18 คน มีผู้ที่มีบ้านอยู่ใกล้โรงงานเพียง 1 คน คิดเป็นร้อยละ 6 (1/18) สัดส่วนที่ต้องการทดสอบ เท่ากับ 0.5 หรือ H_0 : สัดส่วนของผู้ที่มีบ้านห่างจากโรงงาน เท่ากับ 0.5 เนื่องจากขนาดตัวอย่างเล็ก (n = 18) จึงใช้ Exact Test และได้ค่า Significance ของการทดสอบ ซึ่งเป็นการทดสอบแบบ 2 ข้าง เท่ากับ 0.000 ซึ่งน้อยกว่า 0.05 จึงปฏิเสธ H_0 ได้ นั่นคือ สัดส่วนของผู้ที่มีบ้านห่างจากโรงงานไม่เท่ากับ 50 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งจากตารางจะเห็นว่า มี 94 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นในการศึกษาครั้งนี้จึงไม่มีปัจจัยของโรงงานที่จะส่งผลให้ปริมาณการรับสัมผัสเพิ่มมากขึ้น

4) พื้นห้องในแต่ละห้องในบ้าน

บ้านของผู้ร่วมเก็บตัวอย่าง VOCs มีพื้นห้องในแต่ละห้องในบ้าน โดยแบ่งชนิดพื้นห้องแต่ละห้อง เป็น 5 ชนิด คือ กระเบื้อง พื้นกระดาน ปาร์เก้ หินขัด และพื้นปูน รายละเอียด แต่ละห้อง ดังนี้

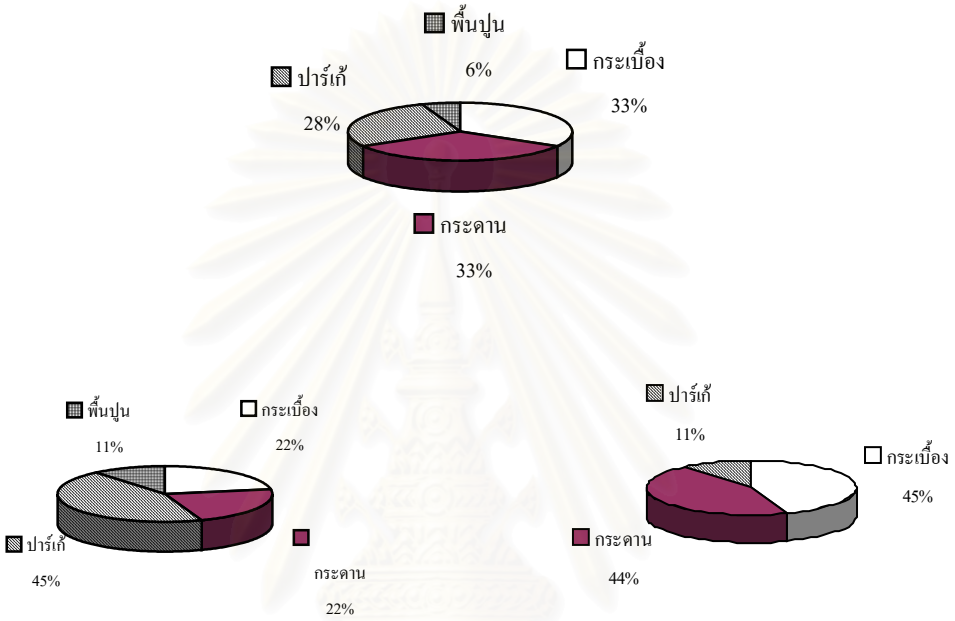
4.1) ห้องนอน

บ้านของผู้ร่วมเก็บตัวอย่าง VOCs มีพื้นห้องนอน ทั้งหมด เป็นกระเบื้อง 33 เปอร์เซ็นต์ พื้นกระดาน 33 เปอร์เซ็นต์ ปาร์เก้ 28 เปอร์เซ็นต์ พื้นปูน 6 เปอร์เซ็นต์ ไม่พบพื้นที่เป็นหินขัด ดังภาพที่ 4.36

บ้านของผู้ร่วมเก็บตัวอย่าง VOCsบริเวณที่พักอาศัยที่อยู่ริมถนน (roadside) มีพื้นห้องนอน เป็นกระเบื้อง 22 เปอร์เซ็นต์ พื้นกระดาน 22 เปอร์เซ็นต์ ปาร์เก้ 44 เปอร์เซ็นต์ ไม่พบพื้นที่เป็น

หินขัด และพื้นปูน 11 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งจะเห็นว่า พื้นห้องนอน ของที่พักอาศัยที่อยู่ริมถนน (roadside) ส่วนใหญ่เป็น พื้นปาร์เก้ ดังภาพที่ 4.36

บ้านของผู้ร่วมเก็บตัวอย่างVOCs บริเวณพื้นที่ทั่วไป (non-roadside) มีพื้นห้องนอนเป็นกระเบื้อง 44 เปอร์เซ็นต์ พื้นกระดาน 44 เปอร์เซ็นต์ ปาร์เก้ 11 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งจะเห็นว่า พื้นห้องนอนของที่พักอาศัยในพื้นที่ทั่วไป (non-roadside) ส่วนใหญ่เป็นพื้นกระเบื้อง และพื้นกระดาน ดังภาพที่ 4.36



ภาพที่ 4.36 ข้อมูลบ้านเกี่ยวกับพื้นห้องนอน

บ้านของผู้ร่วมเก็บตัวอย่าง VOCs มีพื้นห้องนอน ส่วนใหญ่เป็นพื้นกระเบื้อง และพื้นกระดาน ซึ่งพื้นทั้ง 2 ชนิดนี้ จะไม่ส่งผลต่อการรับสัมผัสสาร VOCs ได้

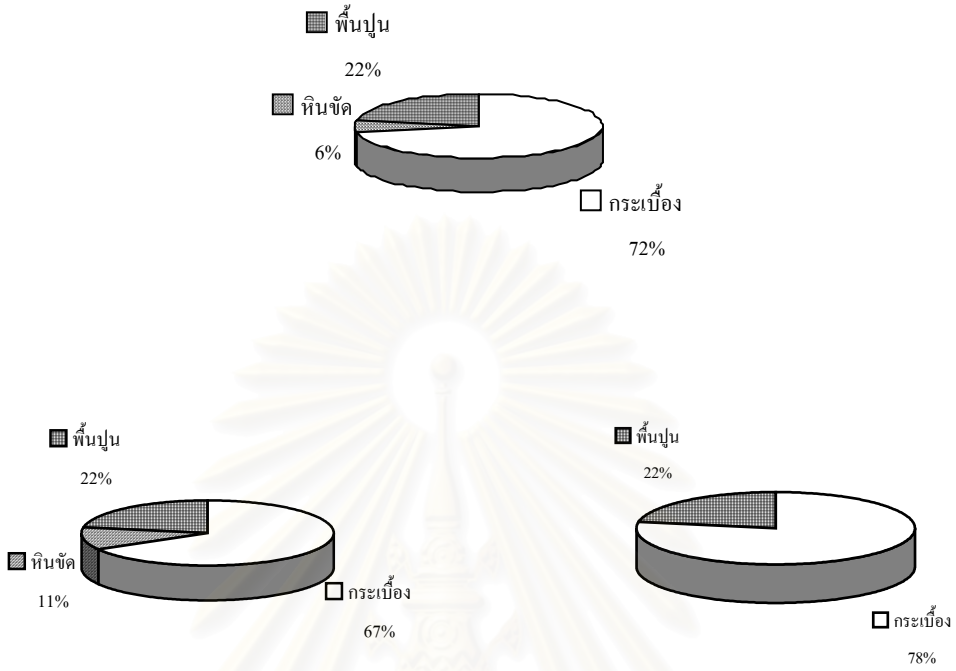
4.2) ห้องครัว

บ้านของผู้ร่วมเก็บตัวอย่าง VOCs มีพื้นห้องครัว ทั้งหมด เป็นกระเบื้อง 72 เปอร์เซ็นต์ หินขัด 6 เปอร์เซ็นต์ และพื้นปูน 22 เปอร์เซ็นต์ ดังภาพที่ 4.37

บ้านของผู้ร่วมเก็บตัวอย่าง VOCsบริเวณที่พักอาศัยที่อยู่ริมถนน (roadside) มีพื้นห้องครัว เป็นกระเบื้อง 67 เปอร์เซ็นต์ หินขัด 11 เปอร์เซ็นต์ และพื้นปูน 22 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งจะเห็นว่า พื้นห้องครัวของที่พักอาศัยที่อยู่ริมถนน (roadside) ส่วนใหญ่เป็น พื้นกระเบื้อง ดังภาพที่ 4.37

บ้านของผู้ร่วมเก็บตัวอย่างVOCs บริเวณพื้นที่ทั่วไป (non-roadside) มีพื้นห้องครัวเป็นกระเบื้อง 78 เปอร์เซ็นต์ และพื้นปูน 22 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งจะเห็นว่า พื้นห้องครัวของที่พักอาศัยในพื้นที่ทั่วไป (non-roadside) ส่วนใหญ่เป็นพื้นกระเบื้อง ดังภาพที่ 4.37

บ้านของผู้ร่วมเก็บตัวอย่าง VOCs มีพื้นห้องครัว ส่วนใหญ่เป็นพื้นกระเบื้อง ซึ่งพื้นชนิดนี้จะจะไม่ส่งผลต่อการรับสัมผัสสาร VOCs ได้



ภาพที่ 4.37 ข้อมูลบ้านเกี่ยวกับพื้นห้องครัว

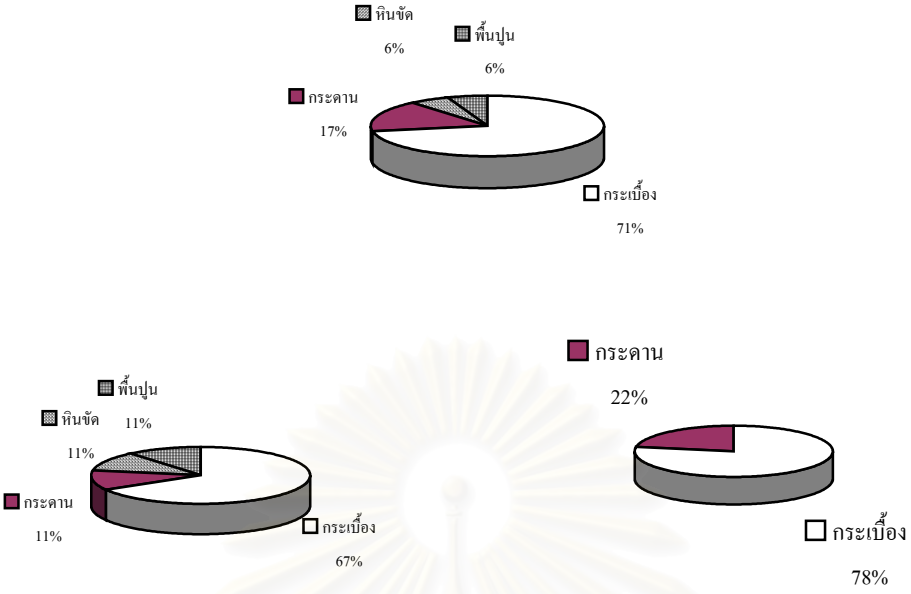
4.3) ห้องรับแขก

บ้านของผู้ร่วมเก็บตัวอย่าง VOCs มีพื้นห้องรับแขก ทั้งหมด เป็นกระเบื้อง 72 เปอร์เซ็นต์ พื้นกระดาน 17 เปอร์เซ็นต์ หินขัด 6 เปอร์เซ็นต์ และพื้นปูน 6 เปอร์เซ็นต์ ดังภาพที่ 4.38

บ้านของผู้ร่วมเก็บตัวอย่าง VOCsบริเวณที่พักอาศัยที่อยู่ริมถนน (roadside) มีพื้นห้องรับแขก เป็นกระเบื้อง 67 เปอร์เซ็นต์ พื้นกระดาน 11 เปอร์เซ็นต์ หินขัด 11 เปอร์เซ็นต์ และพื้นปูน 11 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งจะเห็นว่า พื้นห้องรับแขก ของที่พักอาศัยที่อยู่ริมถนน (roadside) ส่วนใหญ่เป็น พื้นกระเบื้อง ดังภาพที่ 4.38

บ้านของผู้ร่วมเก็บตัวอย่าง VOCs บริเวณพื้นที่ทั่วไป (non-roadside) มีพื้นห้องรับแขก เป็นกระเบื้อง 78 เปอร์เซ็นต์ และพื้นกระดาน 22 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งจะเห็นว่า พื้นห้องรับแขก ของที่พักอาศัยในพื้นที่ทั่วไป (non-roadside) ส่วนใหญ่เป็นพื้นกระเบื้อง ดังภาพที่ 4.38

บ้านของผู้ร่วมเก็บตัวอย่าง VOCs มีพื้นห้องห้องรับแขก ส่วนใหญ่เป็นพื้นกระเบื้อง ซึ่งพื้นชนิดนี้จะจะไม่ส่งผลต่อการรับสัมผัสสาร VOCs ได้



ภาพที่ 4.38 ข้อมูลบ้านเกี่ยวกับพื้นห้องรับแขก

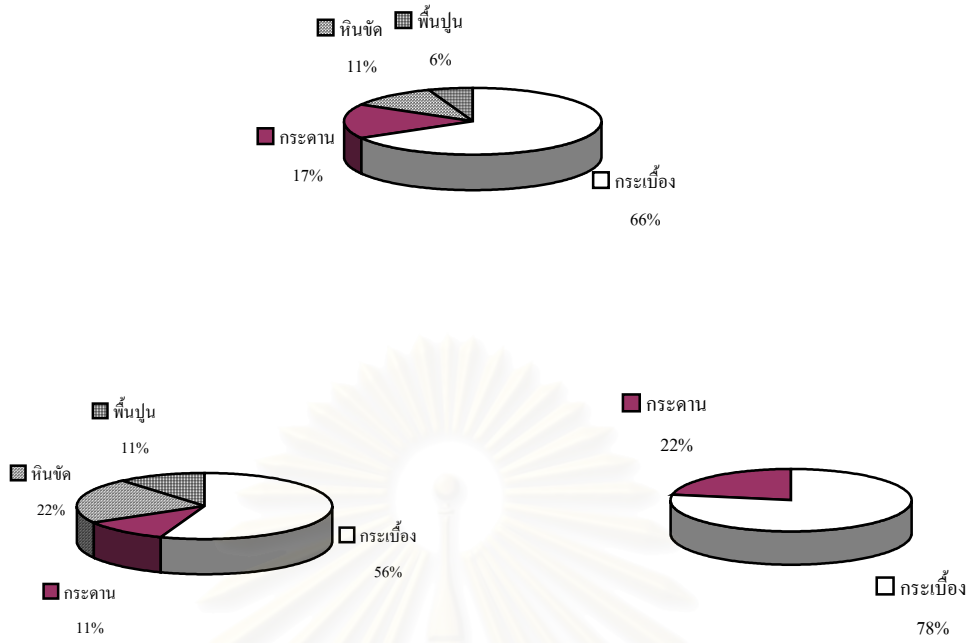
4.4) ห้องนั่งเล่น

บ้านของผู้ร่วมเก็บตัวอย่าง VOCs มีพื้นห้องนั่งเล่น ทั้งหมด เป็นกระเบื้อง 66 เปอร์เซ็นต์ พื้นกระดาน 17 เปอร์เซ็นต์ หินขัด 11 เปอร์เซ็นต์ และพื้นปูน 6 เปอร์เซ็นต์ ดังภาพที่ 4.39

บ้านของผู้ร่วมเก็บตัวอย่าง VOCsบริเวณที่พักอาศัยที่อยู่ริมถนน (roadside) มีพื้นห้องนั่งเล่น เป็นกระเบื้อง 55.6 เปอร์เซ็นต์ พื้นกระดาน 11 เปอร์เซ็นต์ หินขัด 22 เปอร์เซ็นต์ และพื้นปูน 11 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งจะเห็นว่า พื้นห้องนั่งเล่น ของที่พักอาศัยที่อยู่ริมถนน (roadside) ส่วนใหญ่เป็นพื้นกระเบื้อง ดังภาพที่ 4.39

บ้านของผู้ร่วมเก็บตัวอย่างVOCs บริเวณพื้นที่ทั่วไป (non-roadside) มีพื้นห้องนั่งเล่นเป็นกระเบื้อง 78 เปอร์เซ็นต์ และพื้นกระดาน 22 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งจะเห็นว่า พื้นห้องนั่งเล่นของที่พักอาศัยในพื้นที่ทั่วไป (non-roadside) ส่วนใหญ่เป็นพื้นกระเบื้อง ดังภาพที่ 4.39

บ้านของผู้ร่วมเก็บตัวอย่าง VOCs มีพื้นห้องนั่งเล่น ส่วนใหญ่เป็นพื้นกระเบื้อง ซึ่งพื้นชนิดนี้จะไม่ส่งผลต่อการรับสัมผัสสาร VOCs ได้



ภาพที่ 4.39 ข้อมูลบ้านเกี่ยวกับพื้นห้องนั่งเล่น

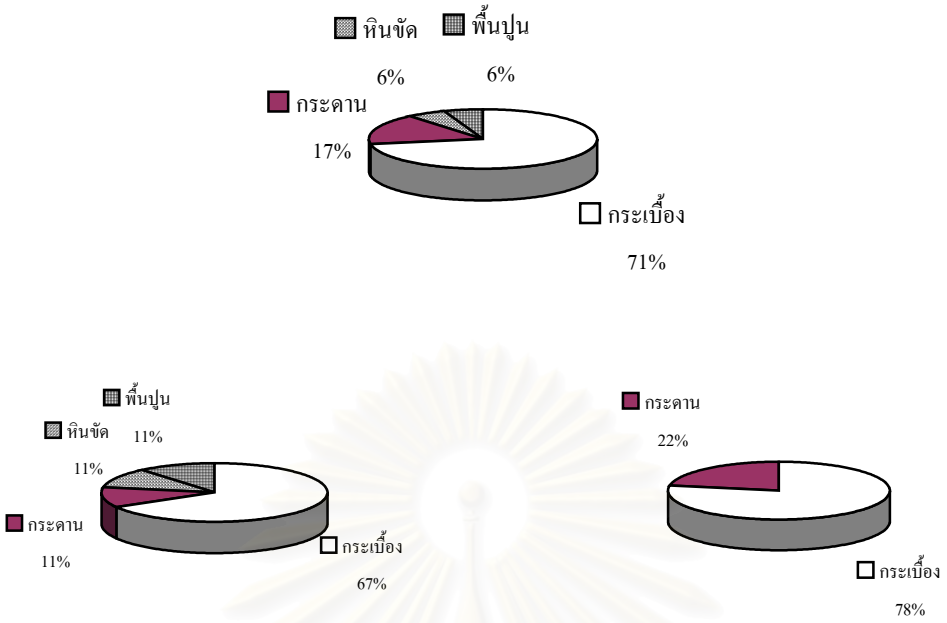
4.5) ห้องทานข้าว

บ้านของผู้ร่วมเก็บตัวอย่าง VOCs มีพื้นห้องทานข้าว ทั้งหมด เป็นกระเบื้อง 71 เปอร์เซ็นต์ พื้นกระดาน 17 เปอร์เซ็นต์ หินขัด 6 เปอร์เซ็นต์ และพื้นปูน 6 เปอร์เซ็นต์ ดังภาพที่ 4.40

บ้านของผู้ร่วมเก็บตัวอย่าง VOCs บริเวณที่พักอาศัยที่อยู่ริมถนน (roadside) มีพื้นห้องทานข้าว เป็นกระเบื้อง 67 เปอร์เซ็นต์ พื้นกระดาน 11 เปอร์เซ็นต์ หินขัด 11 เปอร์เซ็นต์ และพื้นปูน 11 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งจะเห็นว่า พื้นห้องทานข้าว ของที่พักอาศัยที่อยู่ริมถนน (roadside) ส่วนใหญ่เป็นกระเบื้อง ดังภาพที่ 4.40

บ้านของผู้ร่วมเก็บตัวอย่างVOCs บริเวณพื้นที่ทั่วไป (non-roadside) มีพื้นห้องทานข้าว เป็นกระเบื้อง 78 เปอร์เซ็นต์ และพื้นกระดาน 22 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งจะเห็นว่า พื้นห้องทานข้าว ของที่พักอาศัยในพื้นที่ทั่วไป (non-roadside) ส่วนใหญ่เป็นพื้นกระเบื้อง ดังภาพที่ 4.40

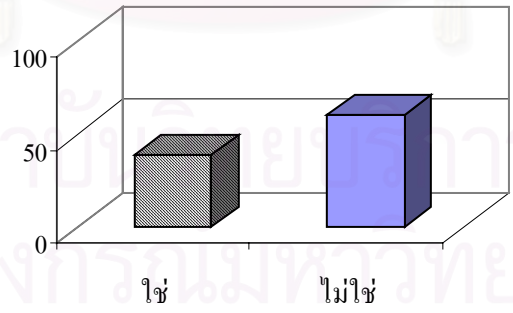
บ้านของผู้ร่วมเก็บตัวอย่าง VOCs มีพื้นห้องทานข้าว ส่วนใหญ่เป็นพื้นกระเบื้องซึ่งพื้นชนิดนี้จะจะไม่ส่งผลต่อการรับสัมผัสสาร VOCs ได้



ภาพที่ 4.40 ข้อมูลบ้านเกี่ยวกับพื้นห้องทานข้าว

5) บ้านของคุณมีโรงรถติดกับประตูทางเข้าบ้าน

บ้านของผู้ร่วมเก็บตัวอย่าง VOCs ทั้งหมด มีโรงรถติดกับประตูทางเข้าบ้าน คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ 38.9 เปอร์เซ็นต์ และ 61.1 เปอร์เซ็นต์ โรงรถไม่ติดกับประตูทางเข้าบ้าน ดังภาพที่ 4.41 ดังนั้นจึงนำมาทดสอบทางสถิติ โดยใช้ nonparametric Binomial Test ดังตารางที่ 4.36



ภาพที่ 4.41 ข้อมูลบ้านเกี่ยวกับบ้านของคุณมีโรงรถติดกับประตูทางเข้าบ้าน

ตารางที่ 4.36 Binomial Test ของบ้านของผู้ร่วมเก็บตัวอย่าง VOCs ทั้งหมด มีโรงรถติดกับประตูทางเข้าบ้าน

	Category	N	Observed Prop.	Test Prop.	Exact Sig. (2-tailed)
Group 1	ไม่ใช่	10	0.56	0.5	0.815
Group 2	ใช่	8	0.44		
Total		18	1		

จากตารางที่ 4.36 จากตัวอย่าง 18 คน มีผู้ที่มีโรงรถติดกับประตูทางเข้าบ้าน 8 คน คิดเป็นร้อยละ 44 (8/18) สัดส่วนที่ต้องการทดสอบ เท่ากับ 0.5 หรือ H_0 : สัดส่วนของผู้ที่มีโรงรถติดกับประตูทางเข้าบ้าน เท่ากับ 0.5 เนื่องจากขนาดตัวอย่างเล็ก (n = 18) จึงใช้ Exact Test และได้ค่า Significance ของการทดสอบ ซึ่งเป็นการทดสอบแบบ 2 ข้าง เท่ากับ 0.815 ซึ่งมากกว่า 0.05 จึงไม่สามารถปฏิเสธ H_0 ได้ นั่นคือ สัดส่วนของผู้ที่มีโรงรถติดกับประตูทางเข้าบ้านเท่ากับ 50 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นในการศึกษาครั้งนี้จึงมีปัจจัยของโรงรถที่จะส่งผลให้ปริมาณการรับสัมผัสเพิ่มมากขึ้น

6) การปรับปรุงซ่อมแซมบ้าน

บ้านของผู้ร่วมเก็บตัวอย่าง VOCs ทั้งหมด ไม่มีการปรับปรุงซ่อมแซมบ้าน ในระยะเวลา 12 เดือนที่ผ่านมา ดังนั้นในการศึกษาครั้งนี้จึงไม่มีปัจจัยของการปรับปรุงซ่อมแซมบ้านที่จะมีวัสดุบางชนิดที่จะส่งผลให้ปริมาณการรับสัมผัสเพิ่มมากขึ้น

7) การทาสีภายในบ้าน

บ้านของผู้ร่วมเก็บตัวอย่าง VOCs ทั้งหมด ไม่มีการทาสีภายในบ้าน ในระยะเวลา 12 เดือนที่ผ่านมา ดังนั้นในการศึกษาครั้งนี้จึงไม่มีปัจจัยของการทาสีภายในบ้านที่จะส่งผลให้ปริมาณการรับสัมผัสเพิ่มมากขึ้น

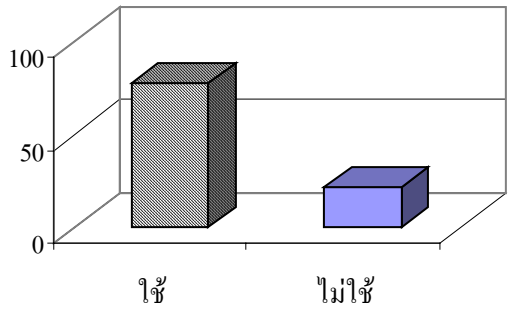
8) การทาสีภายนอกบ้าน

บ้านของผู้ร่วมเก็บตัวอย่าง VOCs ทั้งหมด ไม่มีการทาสีภายนอกบ้าน ในระยะเวลา 12 เดือนที่ผ่านมา ดังนั้นในการศึกษาครั้งนี้จึงไม่มีปัจจัยของการทาสีภายนอกบ้านที่จะส่งผลให้ปริมาณการรับสัมผัสเพิ่มมากขึ้น

9) การใช้เครื่องปรับอากาศในฤดูร้อน

บ้านของผู้ร่วมเก็บตัวอย่าง VOCs ทั้งหมด ใช้เครื่องปรับอากาศในฤดูร้อน คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ 78 เปอร์เซ็นต์ และ 22 เปอร์เซ็นต์ ไม่ได้ใช้เครื่องปรับอากาศในฤดูร้อน ดังภาพที่ 4.42

แสดงให้เห็นว่า บ้านส่วนใหญ่ใช้เครื่องปรับอากาศในฤดูร้อน ดังนั้นจึงนำมาทดสอบทางสถิติ โดยใช้ nonparametric Binomial Test ดังตารางที่ 4.37



ภาพที่ 4.42 ข้อมูลบ้านเกี่ยวกับบ้านของคุณมีการใช้เครื่องปรับอากาศในฤดูร้อน

ตารางที่ 4.37 Binomial Test การใช้เครื่องปรับอากาศในฤดูร้อน

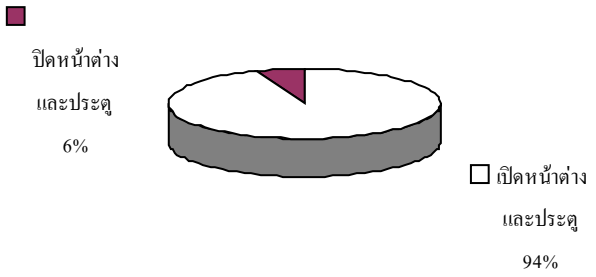
	Category	N	Observed Prop.	Test Prop.	Exact Sig. (2-tailed)
Group 1	ใช้	14	0.78	0.5	0.030
Group 2	ไม่ใช้	4	0.22		
Total		18	1		

จากตารางที่ 4.37 จากตัวอย่าง 18 คน มีผู้ที่มีบ้านใช้เครื่องปรับอากาศในฤดูร้อน 4 คน คิดเป็นร้อยละ 22 (4/18) สัดส่วนที่ต้องการทดสอบ เท่ากับ 0.5 หรือ H_0 : สัดส่วนของผู้ที่มีบ้านใช้เครื่องปรับอากาศในฤดูร้อน เท่ากับ 0.5 เนื่องจากขนาดตัวอย่างเล็ก (n = 18) จึงใช้ Exact Test และได้ค่า Significance ของการทดสอบ ซึ่งเป็นการทดสอบแบบ 2 ข้าง เท่ากับ 0.030 ซึ่งน้อยกว่า 0.05 จึงปฏิเสธ H_0 ได้ นั่นคือ สัดส่วนของผู้ที่มีบ้านใช้เครื่องปรับอากาศในฤดูร้อนไม่เท่ากับ 50 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งจากตารางจะเห็นว่า มี 78 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นในการศึกษาครั้งนี้จึงมีปัจจัยของการใช้เครื่องปรับอากาศในฤดูร้อนที่จะส่งผลให้ปริมาณการรับสัมผัสสาร VOCs น้อยกว่าบ้านที่ไม่ได้ใช้เครื่องปรับอากาศ

10) การระบายอากาศในบ้าน

บ้านของผู้ร่วมเก็บตัวอย่าง VOCs ทั้งหมด การระบายอากาศในบ้าน เป็นแบบเปิดหน้าต่างและประตูเพื่อระบายอากาศ 94 เปอร์เซ็นต์ และ 6 เปอร์เซ็นต์ ปิดหน้าต่างและประตูไม่มีการระบายอากาศ ดังภาพที่ 4.43

บ้านส่วนใหญ่มีการระบายอากาศในบ้านเป็นแบบเปิดหน้าต่างและประตู เพื่อระบายอากาศ ดังนั้นปัจจัยการระบายอากาศในบ้านเป็นแบบเปิดหน้าต่างและประตู เพื่อระบายอากาศนั้นจึงส่งผลให้ปริมาณสารที่จะได้รับสัมผัสจากภายนอกอาคารเข้าสู่ภายในอาคารได้ดีกว่าการปิดหน้าต่าง และประตูไม่มีการระบายอากาศ



ภาพที่ 4.43 ข้อมูลบ้านเกี่ยวกับบ้านของคุณมีการระบายอากาศในบ้าน

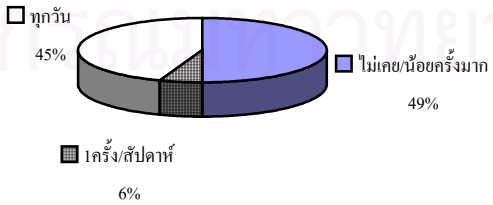
11) การจุดเทียนไขและธูปในบ้าน

บ้านของผู้ร่วมเก็บตัวอย่างVOCsทั้งหมด การจุดเทียนไขและธูปในบ้าน ทุกวัน 45 เปอร์เซ็นต์ และ ไม่เคย/น้อยครั้งมาก ที่จะจุดเทียนไขและธูปในบ้าน 49 เปอร์เซ็นต์ และ 1 ครั้ง/สัปดาห์ มีเพียง 6 เปอร์เซ็นต์ ดังภาพที่ 4.4

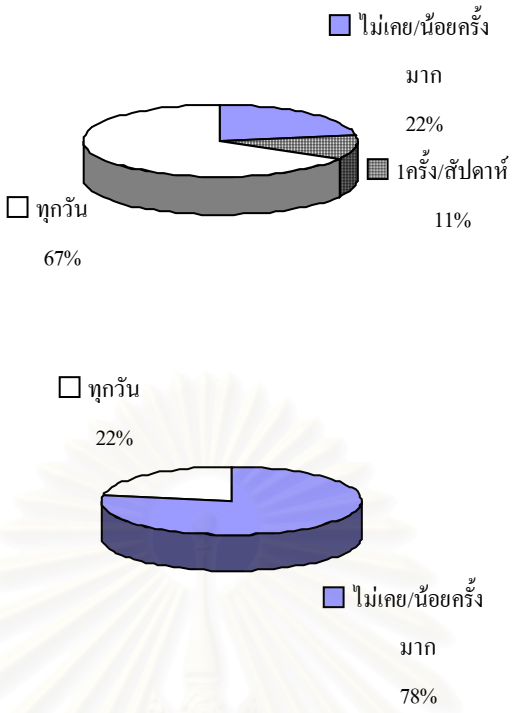
บ้านของผู้ร่วมเก็บตัวอย่าง VOCsบริเวณที่พักอาศัยที่อยู่ริมถนน (roadside) การจุดเทียนไขและธูปในบ้าน ทุกวัน 67 เปอร์เซ็นต์ และ ไม่เคย/น้อยครั้งมาก ที่จะจุดเทียนไขและธูปในบ้าน 22 เปอร์เซ็นต์ และ 1 ครั้ง/สัปดาห์ มีเพียง 11 เปอร์เซ็นต์ ดังภาพที่ 4.4

บ้านของผู้ร่วมเก็บตัวอย่าง VOCs บริเวณพื้นที่ทั่วไป (non-roadside) การจุดเทียนไขและธูปในบ้าน ทุกวัน 22 เปอร์เซ็นต์ และ ไม่เคย/น้อยครั้งมาก ที่จะจุดเทียนไขและธูปในบ้าน 78 เปอร์เซ็นต์ สรุปว่า บ้านส่วนใหญ่บริเวณที่พักอาศัยที่อยู่ริมถนน (roadside) มีการจุดเทียนไขและธูปในบ้าน ทุกวัน และ บริเวณพื้นที่ทั่วไป (non-roadside) ไม่เคย/น้อยครั้งมาก ที่จุดเทียนไขและธูปในบ้าน ดังภาพที่ 4.44

ดังนั้นปัจจัยการจุดเทียนไขและธูปในบ้านนั้นสามารถส่งผลให้เกิดปริมาณสาร VOCs เพิ่มมากขึ้นได้



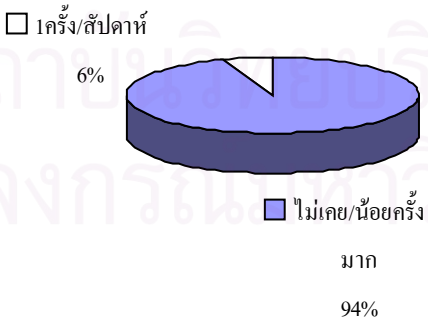
ภาพที่ 4.44 ข้อมูลบ้านเกี่ยวกับบ้านของคุณมีการจุดเทียนไขและธูปในบ้าน



ภาพที่ 4.44 (ต่อ) ข้อมูลบ้านเกี่ยวกับบ้านของคุณมีการจุดเทียนไขและธูปในบ้าน

12) การจุดน้ำมันหอมระเหยในบ้าน

บ้านของผู้ร่วมเก็บตัวอย่าง VOCs ทั้งหมด ไม่เคย/น้อยครั้งมาก 94 เปอร์เซ็นต์ และ 1 ครั้ง/สัปดาห์ มีเพียง 6 เปอร์เซ็นต์ ที่จะจุดน้ำมันหอมระเหยในบ้าน ดังภาพที่ 4.45 สรุปว่า บ้านส่วนใหญ่ไม่เคย/น้อยครั้งมาก ที่จุดน้ำมันหอมระเหยในบ้าน ดังนั้นปัจจัยของการจุดน้ำมันหอมระเหยในบ้านนั้นมีเปอร์เซนต์น้อยมากจึงไม่ส่งผลกับปริมาณสาร VOCs ที่ได้จากการศึกษาในครั้งนี้



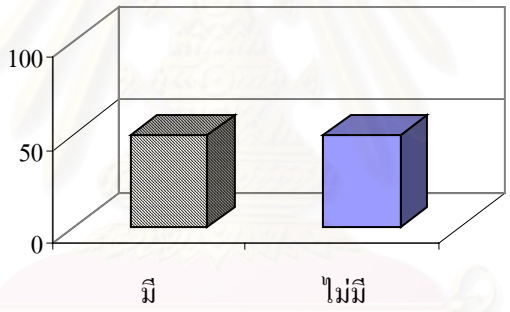
ภาพที่ 4.45 ข้อมูลบ้านเกี่ยวกับบ้านของคุณมีการจุดน้ำมันหอมระเหยในบ้าน

13) ประเภทของเชื้อเพลิง/พลังงานที่ใช้ในการหุงต้ม

บ้านของผู้ร่วมเก็บตัวอย่าง VOCs ทั้งหมด ใช้เชื้อเพลิง ประเภท แก๊ส คิดเป็น 100 เปอร์เซ็นต์ทั้งในบริเวณที่พักอาศัยที่อยู่ริมถนน (roadside) และ บริเวณพื้นที่ทั่วไป (non-roadside) ซึ่งประเภทของเชื้อเพลิง/พลังงานที่ใช้ในการหุงต้ม ประเภท แก๊ส นั้นจะส่งผลให้ปริมาณสาร VOCs เพิ่มมากขึ้น แต่เนื่องจากบ้านส่วนใหญ่มีลักษณะการระบายอากาศที่ดีนั้นจึงทำให้สารระเหยออกสู่ภายนอกบ้านได้ดี ดังนั้นจึงได้รับสาร VOCs จากเชื้อเพลิงประเภทแก๊สได้น้อย

14) การหุงต้มในบ้านมีพัดลมระบายอากาศ

บ้านของผู้ร่วมเก็บตัวอย่าง VOCs ทั้งหมด ทำการหุงต้มในบ้านมีพัดลมระบายอากาศ 50 เปอร์เซ็นต์ ไม่มีพัดลมระบายอากาศ 50 เปอร์เซ็นต์ แสดงให้เห็นว่า บ้านที่มีการหุงต้มในบ้านมีพัดลมระบายอากาศ เท่ากับ ไม่มีพัดลมระบายอากาศ ดังภาพที่ 4.46 ดังนั้นจึงนำมาทดสอบทางสถิติ โดยใช้ nonparametric Binomial Test ดังตารางที่ 4.38



ภาพที่ 4.46 ข้อมูลบ้านเกี่ยวกับบ้านของคุณมีการหุงต้มในบ้านมีพัดลมระบายอากาศ

ตารางที่ 4.38 Binomial Test การหุงต้มในบ้านมีพัดลมระบายอากาศ และไม่มีพัดลมระบายอากาศ

	Category	N	Observed Prop.	Test Prop.	Exact Sig. (2-tailed)
Group 1	มี	9	0.5	0.5	1
Group 2	ไม่มี	9	0.5		
Total		18	1		

จากตารางที่ 4.38 จากตัวอย่าง 18 คน มีผู้ที่มีบ้านใช้เครื่องปรับอากาศในฤดูร้อน 4 คน คิดเป็นร้อยละ 22 (4/18) สัดส่วนที่ต้องการทดสอบ เท่ากับ 0.5 หรือ H_0 : สัดส่วนของผู้ที่มีการหุงต้มในบ้าน

มีพัดลมระบายอากาศ เท่ากับ 0.5 เนื่องจากขนาดตัวอย่างเล็ก (n = 18) จึงใช้ Exact Test และได้ค่า Significance ของการทดสอบ ซึ่งเป็นการทดสอบแบบ 2 ข้าง เท่ากับ 1 ซึ่งมากกว่า 0.05 จึงยอมรับ H_0 ได้ นั่นคือ สัดส่วนของผู้ที่มีการหุงต้มในบ้านมีพัดลมระบายอากาศ เท่ากับ 50 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นในการศึกษาครั้งนี้จึงมีปัจจัยของการการหุงต้มในบ้านมีพัดลมระบายอากาศที่จะส่งผลให้ปริมาณการรับสัมผัสสาร VOCs น้อยกว่าบ้านที่ไม่มีพัดลมระบายอากาศ

4.5.3 ข้อมูลเกี่ยวข้องกับพฤติกรรม

จากการเก็บข้อมูลเพิ่มเติมโดยใช้แบบสอบถาม ข้อมูลเกี่ยวข้องกับพฤติกรรม ในการใช้ผลิตภัณฑ์ ประเภทที่ก่อให้เกิด สาร VOCs นั้น ได้ทำการเก็บข้อมูลต่างๆ และสรุปรายละเอียดดังนี้

1) กาว/สารยึดติด

ผู้ร่วมเก็บตัวอย่าง VOCs ทั้งหมด ใช้ผลิตภัณฑ์ ประเภท กาว/สารยึดติด ความถี่สูงสุด อยู่ที่ ไม่เคย/นานๆครั้ง 83.3 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นกาว/สารยึดติด จะไม่มีผลกับปริมาณสาร VOCs จากการศึกษาในครั้งนี้

2) น้ำยาขจัดคราบสกปรก

ผู้ร่วมเก็บตัวอย่าง VOCs ทั้งหมด ใช้ผลิตภัณฑ์ ประเภทน้ำยาขจัดคราบสกปรก ความถี่สูงสุด อยู่ที่ 1 ครั้ง/สัปดาห์ 66.7 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นน้ำยาขจัดคราบสกปรก จะไม่มีผลกับปริมาณสาร VOCs จากการศึกษาในครั้งนี้

3) น้ำมันขัดเงา/แลกเกอร์

ผู้ร่วมเก็บตัวอย่าง VOCs ทั้งหมด ใช้ผลิตภัณฑ์ประเภทน้ำมันขัดเงา/แลกเกอร์ ความถี่สูงสุด อยู่ที่ ไม่เคย/นานๆครั้ง 94.4 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นน้ำมันขัดเงา/แลกเกอร์ จะไม่มีผลกับปริมาณสาร VOCs จากการศึกษาในครั้งนี้

4) สี

ผู้ร่วมเก็บตัวอย่าง VOCs ทั้งหมด ใช้ผลิตภัณฑ์ประเภทสี ความถี่สูงสุด อยู่ที่ ไม่เคย/ นานๆครั้ง 94.4 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นน้ำมันขัดเงา/แลกเกอร์ จะไม่มีผลกับปริมาณสาร VOCs จากการศึกษาในครั้งนี้ มีเพียงบ้านในพื้นที่เขตพระโขนง บริเวณพื้นที่ทั่วไปเท่านั้นที่มีการใช้สีทุกวัน ฉะนั้นบริเวณนี้สีจึงมีผลกับปริมาณสาร VOCs จากการศึกษาในครั้งนี้ได้

5) ตัวทำละลาย

ผู้ร่วมเก็บตัวอย่าง VOCs ทั้งหมด ใช้ผลิตภัณฑ์ประเภทตัวทำละลาย ความถี่สูงสุด อยู่ที่ ไม่เคย /นานๆครั้ง 88.8 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นผลิตภัณฑ์ประเภทตัวทำละลายจะไม่มีผลกับปริมาณสาร VOCs จากการศึกษาในครั้งนี้

6) น้ำยาทาเล็บ/น้ำยาล้างเล็บ

ผู้ร่วมเก็บตัวอย่าง VOCs ทั้งหมด ใช้ผลิตภัณฑ์ประเภทน้ำยาทาเล็บ/น้ำยาล้างเล็บ ความถี่สูงสุด อยู่ที่ ไม่เคย/นานๆครั้ง 83.3 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นผลิตภัณฑ์ประเภทน้ำยาทาเล็บ/น้ำยาล้างเล็บจะไม่มีผลกับปริมาณสาร VOCs จากการศึกษาในครั้งนี้

7) สเปรย์ฆ่าแมลง

ผู้ร่วมเก็บตัวอย่าง VOCs ทั้งหมด ใช้ผลิตภัณฑ์ประเภทสเปรย์ฆ่าแมลง ความถี่สูงสุด อยู่ที่ ไม่เคย/นานๆครั้ง 44.3 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาที่ 1 ครั้ง/สัปดาห์ 33.3 เปอร์เซ็นต์ และ 1 ครั้ง/เดือน 22.2 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นผลิตภัณฑ์ประเภทสเปรย์ฆ่าแมลงจะไม่มีผลกับปริมาณสาร VOCs จากการศึกษาในครั้งนี้

8) ปากกาเขียนไวท์บอร์ด

ผู้ร่วมเก็บตัวอย่าง VOCs ทั้งหมด ใช้ผลิตภัณฑ์ประเภทปากกาเขียนไวท์บอร์ด ความถี่สูงสุด อยู่ที่ ไม่เคย/นานๆครั้ง 83.3 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นผลิตภัณฑ์ประเภทปากกาเขียนไวท์บอร์ดจะไม่มีผลกับปริมาณสาร VOCs จากการศึกษาในครั้งนี้

9) ยาขัดรองเท้า

ผู้ร่วมเก็บตัวอย่าง VOCs ทั้งหมด ใช้ผลิตภัณฑ์ประเภทยาขัดรองเท้า ความถี่สูงสุด อยู่ที่ ไม่เคย/นานๆครั้ง 88.8 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นผลิตภัณฑ์ประเภทประเภทยาขัดรองเท้าจะไม่มีผลกับปริมาณสาร VOCs จากการศึกษาในครั้งนี้

10) ยาขัดเงารถ

ผู้ร่วมเก็บตัวอย่าง VOCs ทั้งหมด ใช้ผลิตภัณฑ์ประเภทยาขัดเงารถ ความถี่สูงสุด อยู่ที่ ไม่เคย/นานๆครั้ง 83.3 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นผลิตภัณฑ์ประเภทยาขัดเงารถจะไม่มีผลกับปริมาณสาร VOCs จากการศึกษาในครั้งนี้

11) น้ำยาทำความสะอาดพรม

ผู้ร่วมเก็บตัวอย่าง VOCs ทั้งหมด ใช้ผลิตภัณฑ์ประเภทน้ำยาทำความสะอาดพรม ความถี่สูงสุด อยู่ที่ ไม่เคย/นานๆครั้ง 83.3 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นผลิตภัณฑ์ประเภทน้ำยาทำความสะอาดพรมจะไม่มีผลกับปริมาณสาร VOCs จากการศึกษาในครั้งนี้

12) ก้อนดับกลิ่นในห้อง/ห้องน้ำ

ผู้ร่วมเก็บตัวอย่าง VOCs ทั้งหมด ใช้ผลิตภัณฑ์ประเภทก้อนดับกลิ่นในห้อง/ห้องน้ำ ความถี่สูงสุด อยู่ที่ ไม่เคย/นานๆครั้ง 44.5 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาที่ 1 ครั้ง/สัปดาห์ 33.3 เปอร์เซ็นต์ และ 1 ครั้ง/เดือน 22.2 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นผลิตภัณฑ์ประเภทก้อนดับกลิ่นในห้อง/ห้องน้ำจะมีผลกับปริมาณสาร VOCs จากการศึกษาในครั้งนี้ เนื่องจากเมื่อมีการเปิดใช้ก้อนดับกลิ่นก็จะคงอยู่ในห้อง/ห้องน้ำจนกว่าจะหมดก้อนและทำการเปลี่ยนก้อนใหม่ในที่พักอาศัยบางพื้นที่ ซึ่งสาร VOCs ที่พบใน ก้อนดับกลิ่น คือ 1,4-Dichlorobenzene ซึ่งจะพบในพื้นที่บ้านบริเวณริมถนนเป็นส่วนใหญ่

13) น้ำยาทำความสะอาด/น้ำยาฆ่าเชื้อโรค

ผู้ร่วมเก็บตัวอย่าง VOCs ทั้งหมด ใช้ผลิตภัณฑ์ประเภทน้ำยาทำความสะอาด/น้ำยาฆ่าเชื้อโรค ความถี่สูงสุด อยู่ที่ 1 ครั้ง/สัปดาห์ 50 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาที่ 1 ครั้ง/เดือน 16.7 เปอร์เซ็นต์ และมากว่า 1 ครั้ง/สัปดาห์ และใช้ทุกวัน 11.1 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นผลิตภัณฑ์ประเภทน้ำยาทำความสะอาด/น้ำยาฆ่าเชื้อโรคจะไม่มีผลกับปริมาณสาร VOCs จากการศึกษาในครั้งนี้

14) เทียนไข

ผู้ร่วมเก็บตัวอย่าง VOCs ทั้งหมด ใช้ผลิตภัณฑ์ประเภทเทียนไข ความถี่สูงสุด ไม่เคย/นานๆครั้ง 50 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือ ใช้ทุกวัน 16.7 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นผลิตภัณฑ์ประเภทเทียนไขจะไม่มีผลกับปริมาณสาร VOCs จากการศึกษาในครั้งนี้

15) ธูป/เครื่องหอม

ผู้ร่วมเก็บตัวอย่าง VOCs ทั้งหมด ใช้ผลิตภัณฑ์ประเภทธูป/เครื่องหอม ความถี่สูงสุด ใช้ทุกวัน 50.0 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือไม่เคย/นานๆครั้ง 38.9 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นผลิตภัณฑ์ประเภทธูป/เครื่องหอมจะส่งผลกับปริมาณสาร VOCs จากการศึกษาในครั้งนี้

16) สเปรย์น้ำหอม

ผู้ร่วมเก็บตัวอย่าง VOCs ทั้งหมด ใช้ผลิตภัณฑ์ประเภทสเปรย์น้ำหอม ความถี่สูงสุด ไม่เคย/นานๆครั้ง 61.1 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นผลิตภัณฑ์ประเภทสเปรย์น้ำหอมจะไม่มีผลกับปริมาณสาร VOCs จากการศึกษาในครั้งนี้

จากข้อมูลที่ได้จากแบบสอบถามนั้นคนส่วนใหญ่ตอบคำถามที่คล้ายคลึงกันซึ่งคำตอบที่ได้นั้นก็ไม่ได้ส่งผลให้เกิดปริมาณสาร VOCs แต่อย่างไรก็ตามผลที่ได้จากการทำแบบสอบถามเพื่อเก็บข้อมูลเพิ่มเติมของผู้ร่วมเก็บตัวอย่างนั้นจะนำมาใช้เมื่อพบปริมาณสาร VOCs ที่ปริมาณสูงผิดปกติ ซึ่งเป็นข้อมูลประกอบที่ทำให้เราทราบแหล่งกำเนิดของสารนั้นๆได้ และใช้เป็นแนวทางในการลดผลกระทบที่มีต่อสุขภาพของผู้ร่วมเก็บตัวอย่างในการที่จะหลีกเลี่ยงในการรับสัมผัสสารนั้นๆได้

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 5

สรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการศึกษา

จากการศึกษาการรับสัมผัสสารอินทรีย์ระเหยจากสิ่งแวดล้อมของผู้พักอาศัยใน 9 เขตพื้นที่ศึกษาในเขตกรุงเทพมหานครนั้นได้ทำการศึกษาการทดลองเบื้องต้น การวิเคราะห์ชนิดและปริมาณสาร VOCs การหาความสัมพันธ์ (Correlation) ระหว่างปริมาณ VOCs ที่ปรากฏบริเวณพื้นที่ภายในและภายนอกอาคารและที่บุคคลทั่วไปได้รับ การคาดคะเนปริมาณ VOCs แต่ละชนิดโดยใช้ สมการของ Time Weight Average ซึ่งในการเก็บตัวอย่างมีการทำแบบสอบถามรวมด้วย จากการศึกษาได้ผลสรุปต่างๆดังนี้

1) จากการทดลองเบื้องต้นเพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมโดยใช้สารละลายมาตรฐาน VOCs ชนิด Japanese 52 component indoor air และ Toluene d-8 (internal standard) สามารถพบ peak retention time ทั้งหมด 42 peak และ Calibration curve มี ค่า R^2 อยู่ระหว่าง 0.9803-0.9988 ซึ่งสารที่พบ มีค่า LOD อยู่ในช่วงตั้งแต่ 0.25 ถึง 7.14 นาโนกรัม และ %VOCs recovery อยู่ในช่วง 68.98±0.12% (2-ethyltoluene) ถึง 101.01±0.39 % (dibromochloromethane) และได้ความสัมพันธ์ของปริมาณ VOCs ที่วิเคราะห์ได้ ระหว่างวิธีการเก็บแบบ passive sampler และ active sampler โดยมีค่า R^2 อยู่ในช่วง 0.8303 ถึง 0.9979

2) การวิเคราะห์ชนิดและปริมาณของ VOCs ในเขตกรุงเทพมหานคร สามารถสรุปประเด็นสำคัญได้ดังนี้

(1) ชนิดของ VOCs ที่พบในเขตกรุงเทพมหานคร ทั้งหมด 16 ชนิด คือ Benzene, Toluene, Ethylbenzene, m-Xylene, p-Xylene, o-Xylene, 3-Ethyltoluene, 4-Ethyltoluene, 1,3,5-Trimethylbenzene, 2-Ethyltoluene, Decane, 1,2,4-Trimethylbenzene, 1,4-Dichlorobenzene, 1,2,3-Trimethylbenzene, Limonene และ Chloroform ซึ่งจะพบชนิดสาร Benzene, Toluene, Ethylbenzene, m-Xylene, p-Xylene, o-Xylene, 3-Ethyltoluene และ 4-Ethyltoluene ในทุกพื้นที่ศึกษาเป็นหลัก

(2) ปริมาณสาร VOCs แต่ละชนิดในทุกเขตพื้นที่ที่ทำการศึกษาจะพบ VOCs 6 ชนิดเป็นหลัก ได้แก่ Benzene, Toluene, Ethylbenzene, m-Xylene, p-Xylene และ o-Xylene และมีปริมาณเฉลี่ยอยู่ในช่วงตั้งแต่ 18.9 – 76.1, 60.2 – 213.7, 2.6 – 15.9, 5.7 – 26.2, 4.1 – 21.5 และ 3.7 - 18.9 ไมโครกรัม/ลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ

(3) ปริมาณสาร VOCs แต่ละชนิดในทุกเขตพื้นที่ที่ทำการศึกษามีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงในช่วงหนึ่งสัปดาห์ ในทิศทางเดียวกัน และพบว่าปริมาณที่พบภายนอกอาคารมากกว่าภายในอาคาร และภายในอาคารมากกว่าที่บุคคลได้รับสัมผัส ยกเว้นสาร 1,4-dichlorobenzene ที่เป็นสารมาจากผลิตภัณฑ์ที่ใช้ในบ้านซึ่งพบว่า ภายในอาคารมากกว่าที่บุคคลได้รับสัมผัส และที่บุคคลได้รับสัมผัสมากกว่าภายนอกอาคาร

(4) ในบางพื้นที่ของบริเวณที่พักอาศัยที่อยู่ริมถนน (roadside) ไม่สามารถตรวจพบ limonene ซึ่งเป็นสารที่ผลิตจากต้นไม้ และในพื้นที่ทั่วไป (non-roadside) ไม่สามารถตรวจพบ 3-ethyltoluene 4-ethyltoluene 1,3,5-trimethylbenzene Decane 1,4-dichlorobenzene และ 1,2,3-trimethylbenzene

(5) จากการเปรียบเทียบปริมาณสาร VOCs แต่ละชนิดในทุกเขตที่ทำการศึกษาบริเวณที่พักอาศัยที่อยู่ริมถนน (roadside) และในพื้นที่ทั่วไป (non-roadside) พบว่า สาร VOCs ทุกชนิด ที่พบบริเวณภายนอกอาคารของพื้นที่ริมถนนมากกว่าภายนอกอาคารของพื้นที่ทั่วไป ภายในอาคารของพื้นที่ริมถนนมากกว่าภายในอาคารของพื้นที่ทั่วไป และที่บุคคลได้รับสัมผัสของพื้นที่ริมถนนมากกว่าที่บุคคลได้รับสัมผัสของพื้นที่ทั่วไป ยกเว้น สาร limonene ที่พบว่า พื้นที่ทั่วไปมากกว่าพื้นที่ริมถนน จากการเก็บตัวอย่างทั้งสามลักษณะ

(6) จากการเปรียบเทียบปริมาณความเข้มข้นของสาร VOCs แต่ละชนิดในเขตกรุงเทพมหานครบริเวณที่พักอาศัยที่อยู่ริมถนน (roadside) พบว่า สาร VOCs ภายนอกอาคารพบปริมาณสูงในเขตพระโขนง (ถนนสุขุมวิท) และเขตจตุจักร (ถนนพหลโยธิน) สำหรับบริเวณภายในอาคารที่พักอาศัย และบุคคลที่ได้รับสัมผัส พบว่า สาร VOCs มีปริมาณสูงในเขตคันนายาว (ถนนรามอินทรา) และเขตจตุจักร (ถนนพหลโยธิน) และจากการเปรียบเทียบปริมาณความเข้มข้นของสาร VOCs แต่ละชนิดในเขตกรุงเทพมหานครบริเวณพื้นที่ทั่วไป (non-roadside) พบปริมาณสาร VOCs ภายนอกอาคาร ภายในอาคาร และบุคคลได้รับสัมผัส มีปริมาณสูงในเขตพระโขนง (ถนนสุขุมวิท) ส่วนพื้นที่ที่มีปริมาณต่ำนั้นไม่สามารถบอกพื้นที่ได้ชัดเจน

(7) จากการเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานที่กำหนดโดยองค์การอนามัยโลก (WHO) สาร Benzene บริเวณที่พักอาศัยที่อยู่ริมถนน (roadside) จากทั้ง 9 เขตพื้นที่มีค่าเกินค่ามาตรฐานที่กำหนด (5.0-20.0 ไมโครกรัม/ลูกบาศก์เมตร) ส่วนบริเวณพื้นที่ทั่วไป (non-roadside) พบว่าสาร Benzene ที่ปรากฏภายนอกอาคารและภายในอาคารมีปริมาณเกินค่ามาตรฐานทั้ง 9 เขตพื้นที่ ยกเว้นบริเวณภายในอาคารของเขตยานนาวา และในทุกเขตพื้นที่ที่บุคคลได้รับสัมผัสมีค่าไม่เกินค่ามาตรฐานที่กำหนดไว้และจากการเปรียบเทียบค่าความเข้มข้นของสารอินทรีย์ระเหยบางชนิดกับค่าที่แนะนำให้มีได้ในบรรยากาศ (Guideline) ที่ได้มีการกำหนดไว้นั้นมีสาร VOCs บางชนิดที่สามารถพิจารณาเปรียบเทียบได้คือ Benzene Toluene Ethylbenzene และ

Xylene ซึ่งจากผลการศึกษาครั้งนี้มีค่าไม่เกินมาตรฐานที่หน่วยงาน OSHA NIOSH และ ACGIH เป็นผู้กำหนด

(8) สัดส่วนปริมาณความเข้มข้น ภายใน/ภายนอกอาคารที่พักอาศัย (I/O ratio) จากทั้งพื้นที่ศึกษาที่เป็นพื้นที่ริมถนนและพื้นที่ทั่วไป มีค่า I/O ratio เฉลี่ยประมาณ 0.6 ± 0.1

3) ความสัมพันธ์ (Correlation) ระหว่างปริมาณ VOCs ที่ปรากฏบริเวณพื้นที่ ภายในและภายนอกอาคาร และที่บุคคลทั่วไปได้รับสัมผัส พบว่า ในสารเกือบทุกชนิดที่บุคคลได้รับสัมผัสจะสัมพันธ์กับปริมาณที่ปรากฏภายในอาคาร อย่างมีนัยสำคัญ

4) การคาดคะเนปริมาณ VOCs แต่ละชนิดโดยใช้ สมการของ Time Weight Average พบว่าค่าที่ได้จากการคาดคะเน (*Pi*) กับค่าที่วัดได้จริง (*Po*) ของสาร VOCs ที่แสดงในรูปของ *Po*/ *Pi* ได้ค่าอยู่ระหว่าง 0.5 – 0.8 สำหรับสารทุกชนิด ยกเว้น Limonene ที่มีค่าตรวจวัดจริงมากกว่าค่าคาดคะเนที่ค่า *Po*/ *Pi* เท่ากับ 1.22

5) จากการตอบแบบสอบถามของบุคคลที่ได้รับสัมผัสสาร VOCs ในเขตกรุงเทพมหานคร เมื่อวิเคราะห์ปัจจัยที่น่าจะมีผลต่อระดับของ VOCs ที่ปรากฏในพื้นที่แล้วพบว่า ในทุกบ้านตัวอย่างมีลักษณะของปัจจัยต่างๆที่เหมือนกัน จึงไม่สามารถระบุสาเหตุของปัจจัยดังกล่าวที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของสาร VOCs ได้

5.2 ข้อเสนอแนะ

1) ควรเก็บตัวอย่างภายในอาคารมากกว่า 1 จุดเพื่อให้ผลในการคาดคะเนปริมาณ VOCs แต่ละชนิดโดยใช้ สมการของ Time Weight average ได้ถูกต้องมากยิ่งขึ้น

2) ควรทำการเก็บตัวอย่างการรับสัมผัสทุกเขตในกรุงเทพมหานคร เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ครอบคลุมมากยิ่งขึ้น

3) ควรมีการศึกษาเปรียบเทียบระหว่างฤดูกาล เช่น ฤดูฝนและแล้งฝน

4) เพื่อให้ได้ข้อมูลการประเมินความเสี่ยงการรับสัมผัสสาร VOCs ควรมีการวิเคราะห์สารตกค้างในตัวอย่างมนุษย์ เช่น เลือด ปัสสาวะ เป็นต้น

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

กรรชิต คุณาวุฒิ. 2544. โรคพิษเบนซีนใน คู่มือการวินิจฉัยและการเฝ้าระวังโรคจากการประกอบอาชีพ. กรุงเทพมหานคร: กองอาชีวอนามัย กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข.

ควบคุมมลพิษ, กรม. 2543. รายงานฉบับสมบูรณ์การปรับปรุงฐานข้อมูลแหล่งกำเนิดมลพิษทางอากาศและประเมินผลกระทบต่อคุณภาพอากาศในเขตกรุงเทพมหานคร และปริมลฑล. กรุงเทพมหานคร: กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม.

ควบคุมมลพิษ, กรม. 2544. ปัญหาสารพิษในสิ่งแวดล้อม. กรุงเทพมหานคร: กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม.

ควบคุมมลพิษ, กรม. 2545. สถานการณ์และการจัดการปัญหามลพิษอากาศและเสียงปี 2543. กรุงเทพมหานคร : กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม.

จงดี ธรรมเขต, วิไลลักษณ์ มุณีสว่าง, ปณต ถาวรังกูร และเพริศพิชญ์ คณาธารณา. 2547. การติดตามตรวจสอบปริมาณเบนซีน โทลูอีน และไซลีนในเขตเมืองหาดใหญ่ จังหวัดสงขลาโดยใช้เทคนิคพาสซีพแซมปลิง. สงขลา: มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

ธนสร ตันศฤงฆาร. 2548. ผลกระทบสารอินทรีย์ระเหยง่ายในสิ่งแวดล้อม. วารสารสิ่งแวดล้อม 9, 2 (เม.ย.-มิ.ย.): 43-48.

ธนสร ตันศฤงฆาร, สุนทร ศุภพงษ์, นันทนา ชูฉัตร, วีนัส อุดมประเสริฐกุล, อนุสรณ์ รังสิโยธิน, กัลยา ซาพวง, เริงศักดิ์ บุญบันดาลชัย, บุญเทียม เทพพิทักษ์ศักดิ์ และโสภี อุณรุท. 2547. การศึกษาเบื้องต้นของผลกระทบ BTEX และ MTBE ต่อสุขภาพพนักงานสถานบริการน้ำมันเชื้อเพลิง. วารสารวิจัยวิทยาศาสตร์การแพทย์18(2): 117-134.

ประสงค์ คุณานุวัฒน์ชัยเดช และไมตรี สุทธจิตต์. 2544. สารอินทรีย์ระเหยง่ายในสิ่งแวดล้อม. พิษวิทยาสาร11, 4 : 25-30.

ประสงค์ คุณานุวัฒน์ชัยเดช และไมตรี สุทธจิตต์. 2545. สารอินทรีย์ระเหยง่ายในสิ่งแวดล้อม. พิษวิทยาสาร12, 1: 41-46.

มลิวรรณ บุญเสนอ. 2544. พิษวิทยาสิ่งแวดล้อม. กรุงเทพมหานคร: มหาวิทยาลัยศิลปากร.

วิชัย เอกพลากร. 2544. โรคพิษโทลูอีน คู่มือการวินิจฉัยและการเฝ้าระวังโรคจากการประกอบอาชีพ. กรุงเทพมหานคร: กองอาชีวอนามัย กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข.

สมเกียรติ ศิริรัตนพฤกษ์. 2544. ความเสี่ยงทางสุขภาพในอาชีพพนักงานบริการที่สถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิง (ปั๊มน้ำมัน) เทคโนโลยีควบคุมและป้องกันมลพิษจากสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิง. กรุงเทพมหานคร:สำนักอนามัยกระทรวงสาธารณสุข.

วรรณา เลาวกุล. 2544. การเก็บตัวอย่างและวิเคราะห์สารพิษจากอากาศ. กรุงเทพมหานคร: ศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อม กรมส่งเสริมสิ่งแวดล้อม.

วรรณา เลาวกุล, ผกา สุขเกษม, เดซี่ หมอกน้อย, เพลินพิศ พงษ์ประยูร และจรรยา สุกรเมือง. 2545. การศึกษาสถานการณ์สารอินทรีย์ระเหยในบรรยากาศในเขตกรุงเทพมหานคร. กรุงเทพมหานคร: ศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อม กรมส่งเสริมสิ่งแวดล้อม.

ภาษาอังกฤษ

Amagai, T., Ohuru, T., and Sugiyama, T. 2002. Gas chromatographic/mass spectrometric determination of benzene and its alkyl derivatives in indoor and outdoor air in Fuji, Japan. Journal of AOAC International 85(1): 203-211.

Andelman, J. B. 1985. Human exposures to volatile halogenated organic chemicals in indoor and outdoor air. Environ Health Perspect 62: 313-318.

Andelman, J. B. 1985. Inhalation exposure in the home to volatile organic contaminants of drinking water. Sci total Environ 47: 443-460.

Beliles, R. P., Brucik, D. J., Mecler, F. J. 1980. Teratogenic-mutagenic risk of work place contaminants. Trichloroethlyene, Perchloroethlyene. Perchlorethylene, and carbon disulfide. U.S. Department of Health, Education and Welfare.

Chitvarakorn, C. 2004. Worker Exposure Measurement and Health Risk Assessment of Volatile Organic Compounds (VOCs) in Auto-Refinishing Shop in Thailand. Master's thesis, Department of Urban Engineering The University of Tokyo.

Chung, C. W., Morandi, M. T., Stock, T. H., and Afshar, M. 1999. Evaluation of a passive sampler for volatile organic compounds at ppb concentration, varying temperature, and humidities with 24-h exposure: 2. Sampler performance. Environ Sci Technol 33: 3666-3671.

Churchill, J. E., Ashley, D. L., Kaye, W. E. 2001. Recant chemical exposures and blood volatile organic compound levels in a large population-based sample. Arch Environ Health Mar-Apr, 56(2): 157-166.

Cockerham, L. G. , Shane, B. S. 1994. Basic Environmental Toxicology, CRC Press Inc., USA.

Environment Australia Air Quality Section. 2003. BTEX Personal Exposure Monitoring in Four Australian Cities: Department of the Environment and Heritage.

Edwards, R. D., Jurvelin, J., Saarela, K., and Jantunen, M. 2001. VOC concentrations measured in personal samples and residential indoor, outdoor and workplace microenvironments in EXPOLIS-Helsinki, Finland. Atmospheric Environment 35: 4531-4543.

Freeman, N., Lioy, P., Pellizzari, E., Zelon, H., Thomas, K., Clayton, A., and Quackenboss, J. 1999. Responses to the region 5NHEXES time/activity diary. Journal of Exposure Analysis and Environmental Epidemiology 9(5): 414-426.

Gee, I. L., and Sollars, C. J. 1998. Ambient air levels of volatile organic compounds in Latin American and Asian cities. Chemosphere 36: 2497-2506.

Hester, R.E. and Harrison, R.M. 1995. Volatile Organic Compounds in Atmosphere. Chemosphere 1: 211-221.

Hsien, W., Hsien, C., Chiu, S., Yin, L., Wen, C., Jim, S., and Chang, C. 2000. Exposure to volatile organic compounds while commuting in Taichung, Taiwan. Atmospheric Environment 34: 3331-3336.

Kostiainen, R. 1995. Volatile organic compounds in the indoor air of normal and sick houses. Atmospheric Environment 29(6): 693-702.

Kungskulniti, N., and Sylvia, A. 1990. Ambient Volatile organic compounds at selected sites in Bangkok city, Thailand. Chemosphere 20(6): 673-679.

Manson, J. M., Murphy, M., Richdale, N., Smith, M. K. 1984 Effect of oral exposure to trichloroethlylene on female reproductive function. Toxicology 32: 229-242.

Mohamed, M. F., Kand, D., and Aneja, V. P. 2002. Volatile organic compounds in some urban locations in United States. Chemospher 47: 863-882.

Muezzinoglu, A., Odabasi, M., and Onat, L. 2000. Volatile organiccompounds in the air of Izmir, Turkey. Atmospheric Environment 35: 753-760.

Namiesnik, J., Gorecki, T., Mozdron-Zabiegala, B., and Lukasiak, J. 1992. Sources of VOCs in indoor air. Building and Environment 27: 339-346.

Nijem, K., Kristensen, P., Al-Khatib, A., Takrori, F., Bjertness, E. 2001. Prevalence of neuropsychiatric and mucous membrane irrtation complaints among Palestinian shoe factory workers exposed to organic solvents and plastic compounds. Am J Ind Med Aug;40(2): 192-198.

Olansandan, Amagai, T., and Matsushita, H. 1999. A passive sampler-GC/ECD method for analyzing 18 volatile organohalogen compounds in indoor and outdoor air and it application to a survey on indoor pollution in Shizuoka, Japan. Talanta 50: 851-863.

Ortiz, E., Alemon, E., Romero, D., Arriaga, J., Olaya, P., Guzman, F., and Rios, C. 2001. Personal exposure to benzene, toluene and xylene in different microenvironments at the Mexico City metropolitan zone. The Science of the Total Environment 287: 241-248.

Otson, R., and Fellin, P. 1992. Characterisation and Cycling. Gaseous Pollutants 9: 335-343.

Schneider, P., Gebefugi, I., Richter, K., Wolke, G., Schnelle, J., Wichmann, H.E., Heinrich, J., and INGA Study Group. 2001. Indoor and outdoor BTX levels in German cities. The Science of the Total Environment 267: 41-51.

Schwetz, B. A., Leong, K. J., Gehring, P. J. 1975. The effect of maternally inhaled trichloroethylene, perchloroethylene, methly chloroform, and methylene chloride on embryonal and fetal development in mice and rats. Toxicol Appl Pharmacol 32: 84-96.

Son, B., Breysse, P., and Yang, W. 2003. Volatile organic compounds concentrations in residential indoor and outdoor and its personal exposure in Korea. Environment International 29: 79-85.

You, L., Dallas, C. E. 2000. Effects of inhaled 1,1,1-trichloroethene on the regional brain, cyclic GMP levels in mice and rats. Toxicol Environ Health Jul 14;60(5): 331-341.

Walid, S., Sana, S., and Mary, S. 1997. Determination of Volatile organic compounds in indoor and ambient air of residences in Kuwait. Environment International 23(1): 197-204.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก

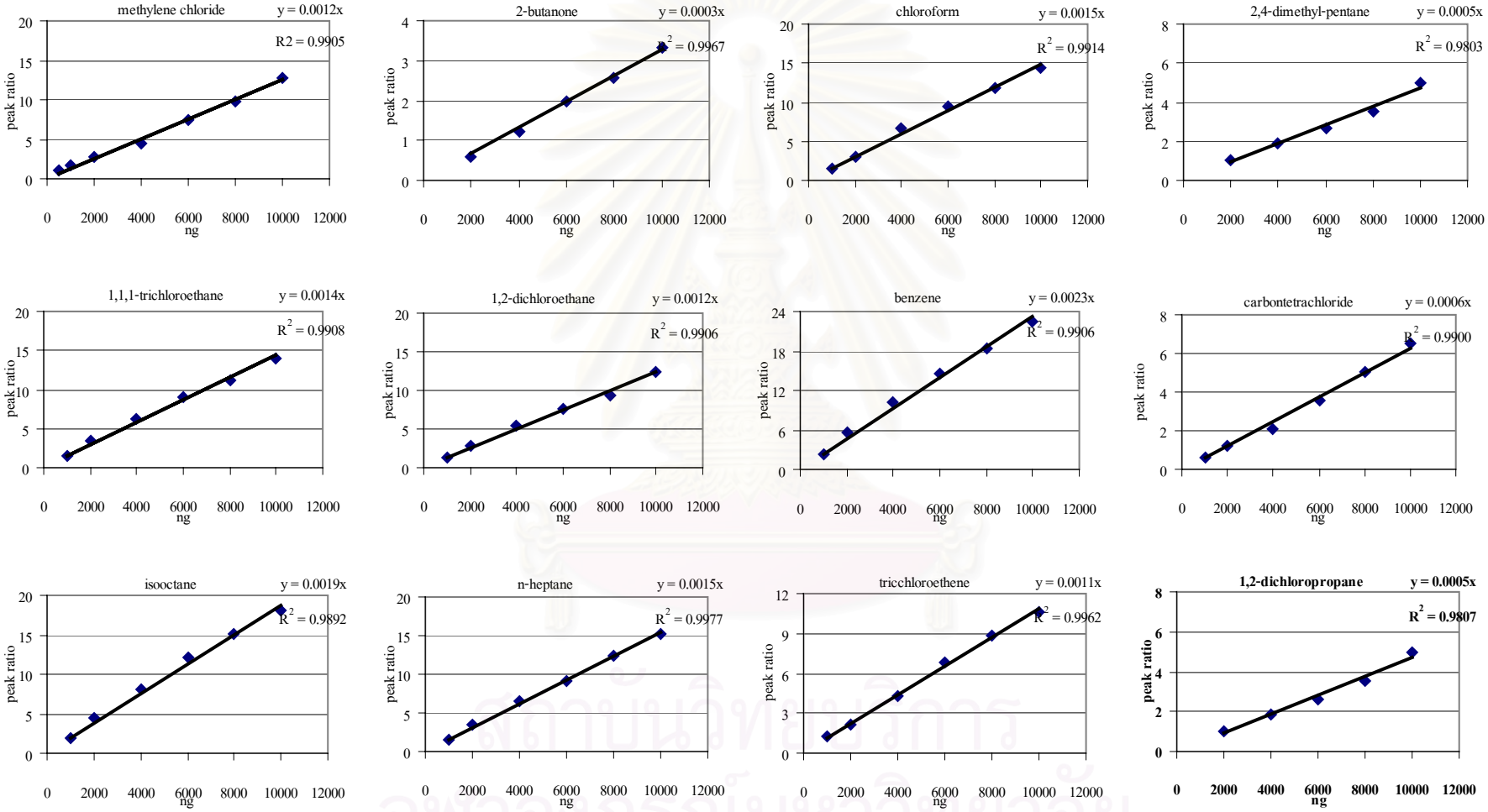
Calibration curve

ผลการทดสอบวิธีการสกัด

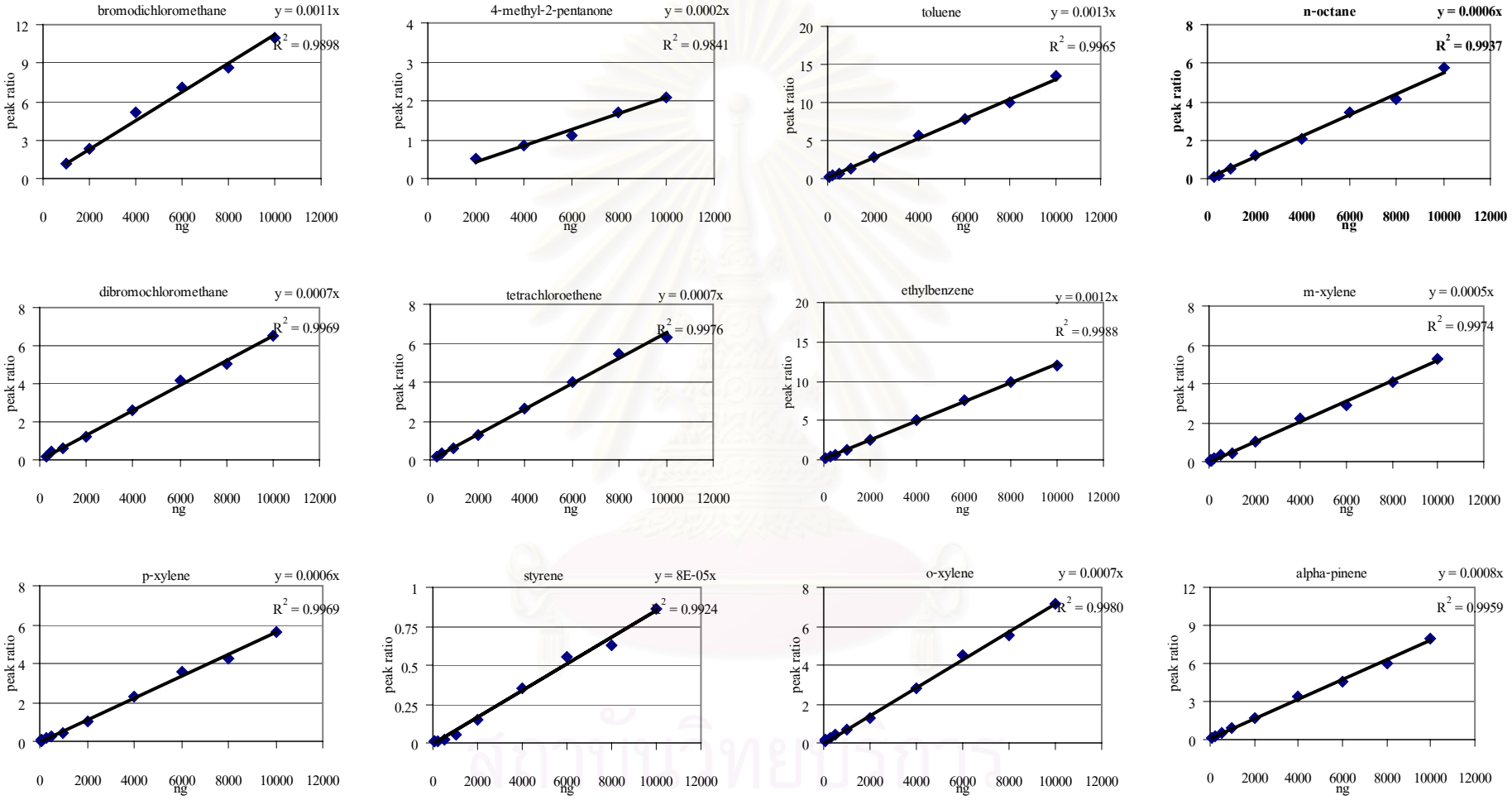
ผลการหาความสัมพันธ์ระหว่างวิธีการเก็บแบบ passive และ active

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

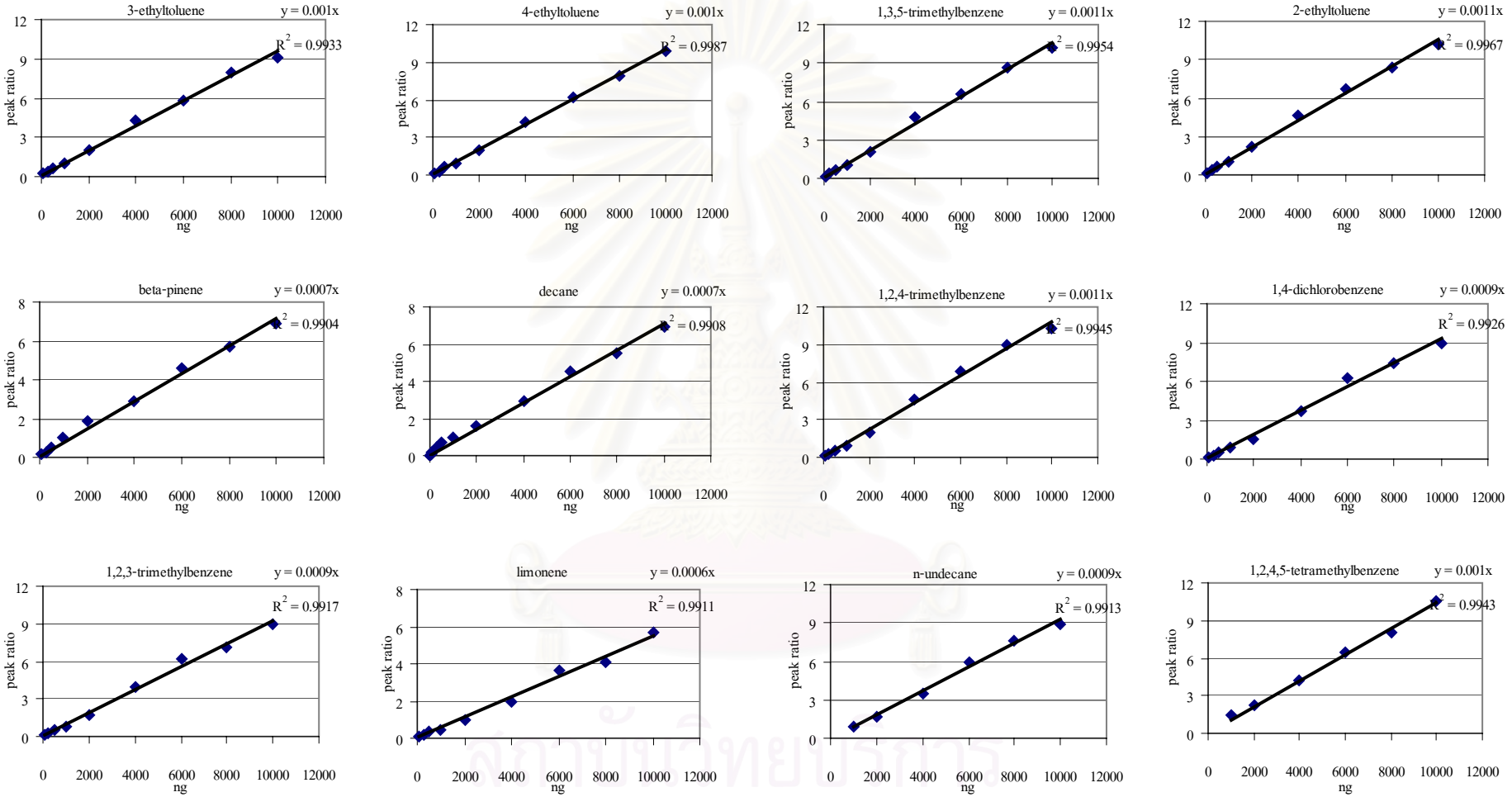
ภาคผนวก ก



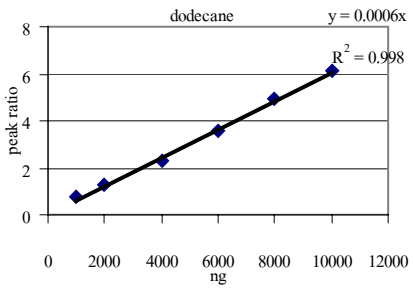
ภาพ ก-1 Calibration curveของสารละลายมาตรฐาน VOCs ชนิด 52 component indoor air ทั้ง 41 ชนิด

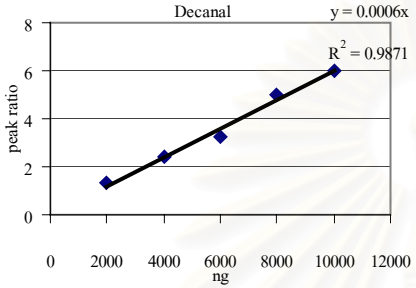


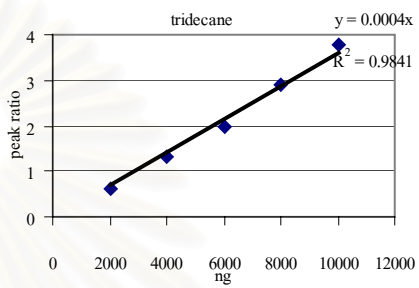
ภาพ ก-1 (ต่อ) กราฟ Calibration curve ของสารละลายมาตรฐาน VOCs ชนิด 52 component indoor air ทั้ง 41 ชนิด

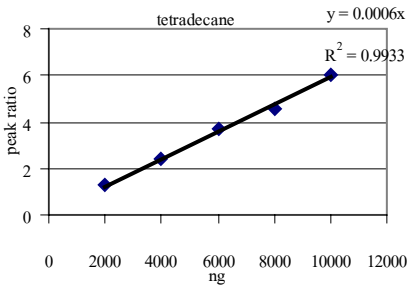


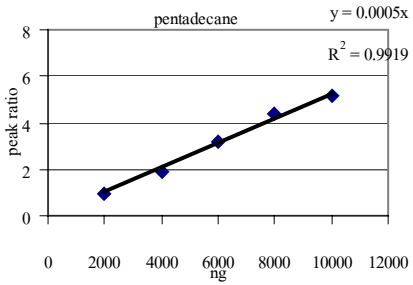
ภาพ ก-1 (ต่อ) Calibration curveของสารละลายมาตรฐาน VOCs ชนิด 52 component indoor air ทั้ง 41 ชนิด











สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาพ ก-1 (ต่อ) Calibration curveของสารละลายมาตรฐาน VOCs ชนิด 52 component indoor air ทั้ง 41 ชนิด

ตาราง ก-1 ผลจากการทดสอบวิธีการสกัดโดยใช้ Recovery test

สารประกอบ	VOC (spiked)	VOC (recovered)										VOC (recovered)	max	min	VOC (blank)	%VOC recovery ±SD
	(A) µg	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	(B) µg			(C) µg	(B-C)/A x 100
1. methylene chloride	1	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	_	98.11±0.04
2. chloroform	1	0.94	0.94	0.94	0.95	0.94	0.94	0.94	0.94	0.95	0.94	0.94	0.95	0.94	_	94.44±0.06
3. 1,1,1-trichloroethane	1	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	_	96.26±0.08
4. 1,2-dichloroethane	1	0.96	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.96	0.96	0.95	0.96	0.95	_	95.44±0.07
5. benzene	1	0.96	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.96	0.95	0.95	0.96	0.95	_	95.41±0.08
6. carbontetrachloride	1	0.88	0.88	0.88	0.88	0.88	0.87	0.88	0.88	0.88	0.88	0.88	0.88	0.87	_	87.65±0.09
7. isooctane	1	0.90	0.90	0.90	0.91	0.90	0.91	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.91	0.90	_	90.40±0.09
8. n-heptane	1	0.95	0.95	0.95	0.94	0.95	0.94	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.94	_	94.55±0.07
9. trichloroethene	1	0.97	0.97	0.97	0.96	0.96	0.96	0.97	0.97	0.96	0.97	0.97	0.97	0.96	_	96.55±0.12
10. 4-methyl-2-pentanone	1	0.74	0.73	0.74	0.74	0.73	0.74	0.73	0.74	0.73	0.74	0.74	0.74	0.73	_	73.55±0.08
11.toluene-d8	0.438	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	_	90.63±0.09
12. toluene	1	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	_	94.11±0.13

ตาราง ก-1 (ต่อ) ผลจากการทดสอบวิธีการสกัดโดยใช้ Recovery test

สารประกอบ	VOC (spiked)	VOC (recovered)										VOC (recovered)	max	min	VOC (blank)	%VOC recovery ±SD
	(A) µg	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	(B) µg			(C) µg	(B-C)/A x 100
13. n-octane	1	0.89	0.89	0.89	0.89	0.89	0.89	0.89	0.89	0.89	0.89	0.89	0.89	0.89	_	89.15±0.08
14.dibromochloromethane	1	1.01	1.01	1.01	1.00	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.00	_	101.01±0.39
15. tetrachloroethen	1	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	_	96.24±0.06
16. ethylbenzene	1	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	_	94.22±0.09
17. m-xylene	1	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	_	98.11±0.10
18. p-xylene	1	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	_	97.26±0.07
19. styrene	1	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	_	94.34±0.06
20. o-xylene	1	0.92	0.93	0.92	0.92	0.92	0.93	0.92	0.92	0.93	0.93	0.92	0.93	0.92	_	92.47±0.09
21. alpha-pinene	1	0.87	0.86	0.86	0.87	0.86	0.87	0.86	0.87	0.87	0.87	0.87	0.87	0.86	_	86.54±0.12
22. 3-ethyltoluene	1	0.92	0.92	0.91	0.92	0.92	0.91	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.91	_	91.56±0.09
23. 4-ethyltoluene	1	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	_	96.24±0.09
24. 1,3,5-trimethylbenzene	1	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	_	93.26±0.10

ตาราง ก-1 (ต่อ) ผลจากการทดสอบวิธีการสกัดโดยใช้ Recovery test

สารประกอบ	VOC (spiked)	VOC (recovered)										VOC (recovered)	max	min	VOC (blank)	%VOC recovery ±SD
	(A) µg	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	(B) µg			(C) µg	(B-C)/A x 100
25. 2-ethyltoluene	1	0.69	0.69	0.69	0.69	0.69	0.69	0.69	0.69	0.69	0.69	0.69	0.69	0.69	_	68.98±0.12
26. beta-pinene	1	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	_	94.24±0.11
27. decane	1	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	_	95.15±0.10
28. 1,2,4-trimethylbenzene	1	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	_	90.20±0.08
29. 1,4dichlorobenzene	1	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	_	96.26±0.06
30. 1,2,3-trimethylbenzene	1	0.86	0.86	0.86	0.86	0.86	0.86	0.86	0.86	0.86	0.86	0.86	0.86	0.86	_	85.95±0.10
31. limonene	1	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	_	84.84±0.08
32. n-undecane	1	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	_	89.99±0.11
33.1,2,4,5-tetramethylbenzene	1	0.76	0.75	0.76	0.76	0.75	0.76	0.76	0.76	0.75	0.76	0.76	0.76	0.75	_	75.54±0.08
34. dodecane	1	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	_	93.87±0.11

ตาราง ก-2 ผลจากการหาความสัมพันธ์ระหว่างวิธีการเก็บแบบ passive sampler (µg) และ Active Sampler (µg/m^3)

สารประกอบVOCs	วิธีการ	บางแค	บางขุนนนท์	จรัญสนิทวงศ์	ลาดพร้าว	พระราม3	เพชรเกษม	พระโขนง	บางนา	รามอินทรา	แยกเกษตร	มาบุญครอง	เอกมัย
Benzene	active sampling	50	67	74	92	100	132	176	198	245	296	422	468
	passive sampling	0.4	0.5	0.6	0.8	1.1	1.2	1.6	1.8	2.7	3.1	4.4	4.6
Toluene	active sampling	230	285	312	387	456	580	672	801	936	1045	1324	1652
	passive sampling	2.3	2.75	3.2	3.9	4.7	5.5	6.8	8.2	9.4	10.5	14	17
Ethylbenzene	active sampling	87	98	164	188	276	295	374	410	488	578	750	812
	passive sampling	0.12	0.14	0.17	0.2	0.25	0.27	0.35	0.39	0.45	0.56	0.69	0.82
m-Xylene	active sampling	65	77	89	98	115	134	203	215	245	264	432	458
	passive sampling	0.71	0.86	0.98	1.12	1.25	1.45	1.98	2.23	2.3	2.5	4.4	4.8
p-Xylene	active sampling	36	45	54	61	74	93	112	128	142	168	184	195
	passive sampling	0.34	0.47	0.58	0.66	0.78	0.98	1.28	1.38	1.45	1.53	1.9	1.93
o-Xylene	active sampling	16	20	22	26	32	45	55	65	76	88	165	175
	passive sampling	0.18	0.25	0.29	0.34	0.39	0.57	0.74	0.76	0.78	1.08	1.78	1.82
3-Ethyltoluene	active sampling	nd	nd	nd	nd	36	39	51	58	61	69	84	156
	passive sampling	nd	nd	nd	nd	0.31	0.43	0.52	0.64	0.67	0.76	0.96	1.4
4-Ethyltoluene	active sampling	nd	nd	nd	nd	34	39	46	49	57	72	78	87
	passive sampling	nd	nd	nd	nd	0.22	0.28	0.36	0.42	0.54	0.63	0.7	0.75

ตาราง ก-2 (ต่อ) ผลจากการหาความสัมพันธ์ระหว่างวิธีการเก็บแบบ passive sampler(µg) และ Active Sampler (µg/m^3)

สารประกอบVOCs	วิธีการ	บางแค	บางขุนนนท์	จรัญสนิทวงศ์	ลาดพร้าว	พระราม3	เพชรเกษม	พระโขนง	บางนา	รามอินทรา	แยกเกษตร	มาบุญครอง	เอกมัย
1,3,5-Trimethylbenzene	active sampling	nd	nd	nd	nd	11	16	22	27	34	37	46	63
	passive sampling	nd	nd	nd	nd	0.084	0.12	0.16	0.18	0.22	0.28	0.32	0.55
2-Ethyltoluene	active sampling	nd	nd	nd	nd	nd	24	35	39	47	54	63	75
	passive sampling	nd	nd	nd	nd	nd	0.12	0.17	0.21	0.29	0.48	0.56	0.68
Decane	active sampling	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	29	31	39	42
	passive sampling	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0.23	0.25	0.28	0.36
1,2,4-Trimethylbenzene	active sampling	nd	nd	nd	nd	nd	nd	56	71	94	125	166	198
	passive sampling	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0.47	0.52	0.65	1.14	1.36	1.86
1,4-Dichlorobenzene	active sampling	nd	nd	31	37	49	62	nd	nd	nd	nd	nd	nd
	passive sampling	nd	nd	0.36	0.39	0.56	0.65	nd	nd	nd	nd	nd	nd
1,2,3-Trimethylbenzene	active sampling	nd	nd	nd	nd	nd	nd	21	29	34	38	44	59
	passive sampling	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0.15	0.18	0.2	0.22	0.34	0.54
Limonene	active sampling	49	73	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	56	69	nd
	passive sampling	0.51	0.67	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0.55	0.65	nd

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ข

ปริมาณความเข้มข้นของสารอินทรีย์ระเหย (VOCs) จากสิ่งแวดล้อมของผู้พักอาศัยในเขตกรุงเทพมหานคร ทั้ง 9 เขตพื้นที่

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข-1.1 ปริมาณความเข้มข้นของสารอินทรีย์ระเหยภายนอกอาคารจากบ้านที่ติดถนนสุขุมวิท (SK1-RD) เขตพระโขนง กรุงเทพมหานคร ใน1 สัปดาห์

สารประกอบ VOCs	Outdoor										
	20/07/48	21/07/48	22/07/48	23/07/48	24/07/48	25/07/48	26/07/48	Outdoor average	SD	MAX	MIN
Benzene	83.8	78.7	79.9	81.8	75.6	83.7	81.6	80.7	2.7	83.8	75.6
Toluene	229.1	228.1	224.2	229.5	213.8	234.7	228.9	226.9	6.1	234.7	213.8
Ethylbenzene	20.1	22.2	24.6	18.1	19.0	28.5	25.0	22.5	3.5	28.5	18.1
m-Xylene	30.3	28.8	29.6	30.3	26.9	31.0	30.2	29.6	1.3	31.0	26.9
p-Xylene	24.6	23.3	24.0	24.6	21.8	25.1	24.5	24.0	1.0	25.1	21.8
o-Xylene	22.8	21.7	22.3	22.8	20.3	23.3	22.8	22.3	1.0	23.3	20.3
3-Ethyltoluene	9.1	8.7	8.9	9.1	8.1	9.3	9.1	8.9	0.4	9.3	8.1
4-Ethyltoluene	8.1	7.7	7.9	8.1	7.2	8.3	8.1	7.9	0.3	8.3	7.2
1,3,5-Trimethylbenzene	4.0	3.8	3.9	4.0	3.6	4.1	4.0	3.9	0.2	4.1	3.6
Decane	2.3	2.1	2.2	2.3	2.0	2.3	2.3	2.2	0.1	2.3	2.0
1,2,4-Trimethylbenzene	11.6	11.0	11.3	11.6	10.3	11.9	11.6	11.3	0.5	11.9	10.3
1,4-Dichlorobenzene	3.8	3.6	3.8	3.8	3.4	3.9	3.8	3.7	0.2	3.9	3.4
1,2,3-Trimethylbenzene	4.3	4.1	4.2	4.3	3.8	4.4	4.3	4.2	0.2	4.4	3.8
Limonene	2.2	2.1	2.2	2.2	2.0	2.3	2.2	2.2	0.1	2.3	2.0

ตารางที่ ข-1.2 ปริมาณความเข้มข้นของสารอินทรีย์ระเหยภายในอาคารจากบ้านที่ติดถนนสุขุมวิท (SK1-RD) เขตพระโขนง กรุงเทพมหานคร ใน1 สัปดาห์

สารประกอบ VOCs	Indoor										
	20/07/48	21/07/48	22/07/48	23/07/48	24/07/48	25/07/48	26/07/48	Indoor average	SD	MAX	MIN
Benzene	38.1	35.1	31.8	41.3	31.2	41.7	41.6	37.3	4.6	41.7	31.2
Toluene	95.6	88.0	79.8	103.4	78.3	105.3	104.3	93.5	11.6	105.3	78.3
Ethylbenzene	4.7	4.3	3.9	5.1	3.8	5.6	5.1	4.6	0.7	5.6	3.8
m-Xylene	12.9	11.9	10.8	14.0	10.6	10.8	14.1	12.2	1.5	14.1	10.6
p-Xylene	3.5	3.3	3.0	3.8	2.9	8.1	3.9	4.1	1.8	8.1	2.9
o-Xylene	7.9	7.3	6.6	8.6	6.5	8.3	8.7	7.7	0.9	8.7	6.5
3-Ethyltoluene	2.5	2.3	2.1	2.7	2.0	2.2	2.7	2.3	0.3	2.7	2.0
4-Ethyltoluene	2.4	2.2	2.0	2.6	2.0	2.5	2.6	2.4	0.3	2.6	2.0
1,3,5-Trimethylbenzene	1.1	1.0	0.9	1.2	0.9	1.6	1.2	1.2	0.2	1.6	0.9
Decane	0.9	0.8	0.7	1.0	0.7	1.5	1.0	0.9	0.3	1.5	0.7
1,2,4-Trimethylbenzene	3.5	3.2	2.9	3.8	2.9	4.4	3.8	3.5	0.6	4.4	2.9
1,4-Dichlorobenzene	1.1	1.0	0.9	1.2	0.9	1.4	1.2	1.1	0.2	1.4	0.9
1,2,3-Trimethylbenzene	1.2	1.1	1.0	1.3	1.0	1.5	1.3	1.2	0.2	1.5	1.0
Limonene	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd

ตารางที่ ข-1.3 ปริมาณความเข้มข้นของสารอินทรีย์ระเหยที่บุคคลได้รับสัมผัสจากบ้านที่ติดถนนสุขุมวิท (SK1-RD) เขตพระโขนง กรุงเทพมหานคร ใน1 สัปดาห์

สารประกอบ VOCs	Personal										
	20/07/48	21/07/48	22/07/48	23/07/48	24/07/48	25/07/48	26/07/48	Personal average	SD	MAX	MIN
Benzene	21.5	20.0	22.1	21.3	23.1	25.7	22.6	22.3	1.8	25.7	20.0
Toluene	49.0	47.6	45.5	50.6	43.5	55.0	52.6	49.1	4.0	55.0	43.5
Ethylbenzene	2.1	2.0	1.9	2.1	2.7	2.3	2.3	2.2	0.3	2.7	1.9
m-Xylene	6.3	6.1	5.8	6.5	5.3	5.1	7.5	6.1	0.8	7.5	5.1
p-Xylene	1.5	1.5	1.4	1.5	0.9	4.8	2.8	2.1	1.3	4.8	0.9
o-Xylene	2.8	2.8	2.6	2.9	2.2	3.6	4.9	3.1	0.9	4.9	2.2
3-Ethyltoluene	1.2	1.1	1.1	1.2	1.1	1.3	1.1	1.1	0.1	1.3	1.1
4-Ethyltoluene	1.2	1.2	1.1	1.3	1.3	1.4	1.3	1.3	0.1	1.4	1.1
1,3,5-Trimethylbenzene	0.7	0.7	0.7	0.8	0.6	0.8	0.5	0.7	0.1	0.8	0.5
Decane	0.6	0.5	0.5	0.6	0.5	1.3	0.5	0.6	0.3	1.3	0.5
1,2,4-Trimethylbenzene	1.7	1.7	1.6	1.8	1.2	2.1	1.1	1.6	0.3	2.1	1.1
1,4-Dichlorobenzene	0.6	0.6	0.6	0.7	0.5	0.4	0.5	0.6	0.1	0.7	0.4
1,2,3-Trimethylbenzene	0.6	0.6	0.5	0.6	0.6	0.8	0.5	0.6	0.1	0.8	0.5
Limonene	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd

ตารางที่ ข-1.4 ปริมาณความเข้มข้นของสารอินทรีย์ระเหยภายนอกอาคารจากบ้านในพื้นที่ทั่วไป (SK2-NR) เขตพระโขนง กรุงเทพมหานคร ใน1 สัปดาห์

สารประกอบ VOCs	Outdoor										
	20/07/48	21/07/48	22/07/48	23/07/48	24/07/48	25/07/48	26/07/48	Outdoor average	SD	MAX	MIN
Benzene	62.9	56.2	46.0	55.4	54.4	60.1	59.5	56.4	5.5	62.9	46.0
Toluene	189.5	157.6	168.9	154.8	164.1	160.4	154.9	164.3	12.2	189.5	154.8
Ethylbenzene	14.5	13.1	12.8	12.9	10.0	16.6	13.9	13.4	2.0	16.6	10.0
m-Xylene	22.6	20.5	21.8	25.5	28.5	27.2	26.1	24.6	3.0	28.5	20.5
p-Xylene	19.9	14.2	16.1	15.1	19.8	13.2	10.5	15.5	3.4	19.9	10.5
o-Xylene	15.4	14.2	14.7	15.2	20.1	19.2	18.0	16.7	2.4	20.1	14.2
3-Ethyltoluene	3.4	4.0	1.9	2.9	2.4	2.9	2.8	2.9	0.7	4.0	1.9
4-Ethyltoluene	2.4	3.2	2.5	1.7	3.9	3.8	2.2	2.8	0.8	3.9	1.7
1,3,5-Trimethylbenzene	1.1	nd	nd	nd	nd	nd	1.0	0.3	0.5	1.1	nd
Decane	2.7	nd	1.2	2.8	3.3	4.0	3.2	2.5	1.4	4.0	nd
1,2,4-Trimethylbenzene	4.0	2.4	3.5	4.2	4.9	6.8	3.6	4.2	1.4	6.8	2.4
1,4-Dichlorobenzene	4.4	nd	5.3	nd	nd	1.1	3.8	2.1	2.3	5.3	nd
1,2,3-Trimethylbenzene	2.7	3.2	3.3	2.3	5.2	4.7	3.0	3.5	1.1	5.2	2.3
Limonene	3.9	5.5	2.5	2.7	2.7	4.9	3.9	3.7	1.1	5.5	2.5
Chloroform	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd

ตารางที่ ข-1.5 ปริมาณความเข้มข้นของสารอินทรีย์ระเหยภายในอาคารจากบ้านในพื้นที่ทั่วไป (SK2-NR) เขตพระโขนง กรุงเทพมหานคร ใน1 สัปดาห์

สารประกอบ VOCs	Indoor										
	20/07/48	21/07/48	22/07/48	23/07/48	24/07/48	25/07/48	26/07/48	Indoor average	SD	MAX	MIN
Benzene	31.9	27.3	28.3	29.2	27.5	21.0	28.9	27.7	3.4	31.9	21.0
Toluene	122.1	97.3	77.7	78.4	73.5	104.8	102.8	93.8	17.9	122.1	73.5
Ethylbenzene	5.6	4.3	6.6	4.6	3.8	6.3	4.8	5.1	1.0	6.6	3.8
m-Xylene	17.1	14.3	14.6	15.5	18.2	19.2	13.9	16.1	2.1	19.2	13.9
p-Xylene	7.6	8.9	7.0	8.5	11.8	14.2	9.2	9.6	2.5	14.2	7.0
o-Xylene	11.7	13.0	15.5	12.6	15.4	16.6	12.0	13.8	2.0	16.6	11.7
3-Ethyltoluene	0.8	2.4	1.3	2.1	1.0	3.0	1.1	1.7	0.8	3.0	0.8
4-Ethyltoluene	1.8	1.9	2.7	1.1	3.2	1.0	1.2	1.8	0.8	3.2	1.0
1,3,5-Trimethylbenzene	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0.4	0.1	0.2	0.4	nd
Decane	0.7	nd	1.6	1.2	2.2	3.0	1.7	1.5	1.0	3.0	nd
1,2,4-Trimethylbenzene	1.9	2.2	2.9	2.8	2.5	4.5	1.9	2.7	0.9	4.5	1.9
1,4-Dichlorobenzene	3.8	nd	7.0	nd	nd	9.5	1.5	3.1	3.8	9.5	nd
1,2,3-Trimethylbenzene	3.0	4.7	3.0	1.8	2.9	5.1	1.1	3.1	1.4	5.1	1.1
Limonene	3.3	5.4	2.0	1.6	2.0	5.1	2.5	3.1	1.6	5.4	1.6
Chloroform	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd

ตารางที่ ข-1.6 ปริมาณความเข้มข้นของสารอินทรีย์ระเหยที่บุคคลได้รับสัมผัสจากบ้านในพื้นที่ทั่วไป (SK2-NR) เขต
พระโขนง กรุงเทพมหานคร ใน1 สัปดาห์

สารประกอบ VOCs	Personal										
	20/07/48	20/07/48	22/07/48	23/07/48	24/07/48	25/07/48	26/07/48	Personal average	SD	MAX	MIN
Benzene	21.1	16.2	16.8	16.2	14.6	18.8	15.1	17.0	2.3	21.1	14.6
Toluene	69.2	55.1	31.1	48.9	33.2	49.4	58.5	49.3	13.6	69.2	31.1
Ethylbenzene	4.1	1.7	1.5	2.7	1.7	2.8	1.6	2.3	1.0	4.1	1.5
m-Xylene	9.4	7.2	6.1	9.8	12.8	20.8	9.7	10.8	4.9	20.8	6.1
p-Xylene	11.1	9.2	8.3	9.2	10.6	8.9	7.8	9.3	1.2	11.1	7.8
o-Xylene	12.7	14.8	12.8	13.0	12.8	17.0	13.8	13.8	1.6	17.0	12.7
3-Ethyltoluene	0.0	1.0	1.0	1.5	0.7	1.5	0.6	0.9	0.5	1.5	0.0
4-Ethyltoluene	2.0	1.0	1.1	0.9	1.4	1.1	0.5	1.1	0.5	2.0	0.5
1,3,5-Trimethylbenzene	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0.2	nd	0.1	0.2	0.0
Decane	2.4	nd	0.9	0.7	0.8	3.2	0.8	1.3	1.1	3.2	0.0
1,2,4-Trimethylbenzene	2.9	0.9	1.6	1.9	1.1	5.2	1.0	2.1	1.5	5.2	0.9
1,4-Dichlorobenzene	nd	nd	1.9	0.0	0.0	5.0	0.9	1.1	1.9	5.0	0.0
1,2,3-Trimethylbenzene	1.3	2.5	1.5	1.3	1.4	3.8	0.4	1.7	1.1	3.8	0.4
Limonene	4.9	5.5	3.2	1.8	3.4	5.9	3.6	4.0	1.4	5.9	1.8
Chloroform	nd	67.2	nd	nd	nd	nd	nd	9.6	25.4	67.2	nd

ตารางที่ ข-2.1 ปริมาณความเข้มข้นของสารอินทรีย์ระเหยภายนอกอาคารจากบ้านที่ติดถนนพระราม 3 (PR1-RD) เขตยานนาวา กรุงเทพมหานคร ใน1 สัปดาห์

สารประกอบ VOCs	Outdoor										
	20/07/48	21/07/48	22/07/48	23/07/48	24/07/48	25/07/48	26/07/48	Outdoor average	SD	MAX	MIN
Benzene	76.5	71.5	74.4	75.8	70.8	79.9	78.1	75.3	3.3	79.9	70.8
Toluene	217.7	207.2	207.3	208.9	205.1	222.6	220.1	212.7	7.2	222.6	205.1
Ethylbenzene	16.3	15.9	16.2	16.8	15.7	17.4	17.3	16.5	0.7	17.4	15.7
m-Xylene	28.6	26.6	27.8	28.0	26.3	29.9	29.1	28.0	1.3	29.9	26.3
p-Xylene	22.5	21.6	22.8	21.7	21.3	24.5	23.5	22.6	1.2	24.5	21.3
o-Xylene	20.1	19.9	19.5	19.7	19.7	20.9	21.8	20.2	0.8	21.8	19.5
3-Ethyltoluene	8.6	8.0	8.9	8.9	7.9	9.6	8.7	8.6	0.6	9.6	7.9
4-Ethyltoluene	7.2	7.1	7.6	7.7	7.1	8.2	7.8	7.5	0.4	8.2	7.1
1,3,5-Trimethylbenzene	4.1	3.5	4.8	4.2	3.5	5.2	3.8	4.2	0.6	5.2	3.5
Decane	2.2	1.9	2.8	2.3	1.9	3.0	2.1	2.3	0.4	3.0	1.9
1,2,4-Trimethylbenzene	11.3	10.1	11.8	11.7	10.0	12.6	11.1	11.2	0.9	12.6	10.0
1,4-Dichlorobenzene	4.4	3.4	4.6	4.3	3.3	5.0	3.7	4.1	0.6	5.0	3.3
1,2,3-Trimethylbenzene	4.2	3.8	4.7	4.2	3.7	5.0	4.1	4.2	0.5	5.0	3.7
Limonene	3.2	3.0	3.1	3.1	3.0	3.3	3.3	3.1	0.1	3.3	3.0

ตารางที่ ข-2.2 ปริมาณความเข้มข้นของสารอินทรีย์ระเหยภายในอาคารจากบ้านที่ติดถนนพระราม 3 (PR1-RD) เขตยานนาวา กรุงเทพมหานคร ใน1 สัปดาห์

สารประกอบ VOCs	Indoor										
	20/07/48	21/07/48	22/07/48	23/07/48	24/07/48	25/07/48	26/07/48	Indoor average	SD	MAX	MIN
Benzene	47.6	42.2	44.8	42.8	41.4	47.8	45.9	44.7	2.6	47.8	41.4
Toluene	173.7	172.2	176.2	173.2	171.4	175.5	173.1	173.6	1.7	176.2	171.4
Ethylbenzene	9.5	7.1	8.8	9.4	8.2	9.5	8.9	8.8	0.9	9.5	7.1
m-Xylene	25.9	18.6	17.2	17.1	16.8	19.8	19.3	19.2	3.2	25.9	16.8
p-Xylene	12.0	10.6	11.4	11.8	10.7	12.1	11.9	11.5	0.6	12.1	10.6
o-Xylene	10.0	9.6	9.8	11.8	9.2	10.6	10.0	10.2	0.9	11.8	9.2
3-Ethyltoluene	3.2	4.0	4.1	5.0	3.5	4.9	4.3	4.1	0.7	5.0	3.2
4-Ethyltoluene	3.6	3.8	0.0	4.4	0.0	4.1	4.0	4.0	2.0	4.4	nd
1,3,5-Trimethylbenzene	2.9	0.0	2.7	0.0	1.9	2.5	1.9	2.4	1.2	2.9	nd
Decane	1.9	1.5	1.6	1.6	0.9	1.6	1.0	1.4	0.4	1.9	0.9
1,2,4-Trimethylbenzene	6.6	5.4	6.6	6.6	5.2	6.2	5.2	6.0	0.7	6.6	5.2
1,4-Dichlorobenzene	2.5	0.0	2.6	2.9	0.0	2.6	1.8	2.5	1.3	2.9	nd
1,2,3-Trimethylbenzene	2.4	1.7	2.3	2.6	1.6	2.7	2.4	2.3	0.4	2.7	1.6
Limonene	2.8	2.5	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	0.1	2.8	2.5

ตารางที่ ข-2.3 ปริมาณความเข้มข้นของสารอินทรีย์ระเหยที่บุคคลได้รับสัมผัสจากบ้านที่ติดถนนพระราม 3 (PR1-RD) เขตยานนาวา กรุงเทพมหานคร ใน1 สัปดาห์

สารประกอบ VOCs	Personal										
	20/07/48	21/07/48	22/07/48	23/07/48	24/07/48	25/07/48	26/07/48	Personal average	SD	MAX	MIN
Benzene	26.2	26.7	26.9	26.4	25.5	25.0	23.5	25.7	1.2	26.9	23.5
Toluene	84.9	84.3	85.8	84.1	82.3	86.2	85.8	84.8	1.4	86.2	82.3
Ethylbenzene	4.2	3.0	4.3	4.9	4.1	5.4	4.5	4.3	0.7	5.4	3.0
m-Xylene	12.7	9.1	9.3	8.2	8.3	10.4	8.2	9.5	1.6	12.7	8.2
p-Xylene	6.4	5.3	5.6	5.4	5.0	6.2	6.0	5.7	0.5	6.4	5.0
o-Xylene	4.5	4.1	4.4	5.0	4.2	5.1	5.5	4.7	0.5	5.5	4.1
3-Ethyltoluene	1.6	2.1	2.0	2.5	1.7	2.5	2.0	2.1	0.3	2.5	1.6
4-Ethyltoluene	1.6	2.1	nd	2.4	nd	2.1	2.0	2.0	0.3	2.4	1.6
1,3,5-Trimethylbenzene	1.3	nd	1.4	0.0	0.9	nd	1.1	1.2	0.6	1.4	0.0
Decane	0.9	0.9	1.0	0.8	0.5	nd	0.6	0.8	0.2	1.0	0.5
1,2,4-Trimethylbenzene	3.0	2.2	3.9	3.1	2.3	3.2	2.5	2.9	0.6	3.9	2.2
1,4-Dichlorobenzene	1.1	nd	1.5	1.2	nd	nd	0.9	1.2	0.3	1.5	0.9
1,2,3-Trimethylbenzene	2.2	0.9	1.2	1.5	0.8	1.5	1.3	1.3	0.5	2.2	0.8
Limonene	2.5	2.4	2.3	2.3	2.3	2.4	2.3	2.4	0.1	2.5	2.3

ตารางที่ ข-2.4 ปริมาณความเข้มข้นของสารอินทรีย์ระเหยภายนอกอาคารจากบ้านในพื้นที่ทั่วไป (PR2-NR) เขตยานนาวา กรุงเทพมหานคร ใน1 สัปดาห์

สารประกอบ VOCs	Outdoor										
	20/07/48	21/07/48	22/07/48	23/07/48	24/07/48	25/07/48	26/07/48	Outdoor average	SD	MAX	MIN
Benzene	45.6	31.5	34.4	45.8	40.8	39.9	38.1	39.4	5.3	45.8	31.5
Toluene	147.5	137.2	133.7	128.9	135.1	142.6	140.1	137.9	6.1	147.5	128.9
Ethylbenzene	9.3	8.9	7.2	6.8	7.7	7.4	9.1	8.1	1.0	9.3	6.8
m-Xylene	12.8	13.6	14.7	15.0	12.6	13.9	13.1	13.7	0.9	15.0	12.6
p-Xylene	10.2	11.6	10.8	11.7	10.3	12.4	11.5	11.2	0.8	12.4	10.2
o-Xylene	9.1	8.7	8.1	7.9	6.7	8.9	10.1	8.5	1.1	10.1	6.7
3-Ethyltoluene	3.6	3.0	4.1	4.8	3.9	4.6	3.7	4.0	0.6	4.8	3.0
4-Ethyltoluene	2.3	1.9	2.6	2.7	1.7	2.2	2.8	2.3	0.4	2.8	1.7
1,3,5-Trimethylbenzene	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Decane	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
1,2,4-Trimethylbenzene	4.3	5.1	6.8	5.7	5.0	6.6	4.6	5.4	1.0	6.8	4.3
1,4-Dichlorobenzene	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
1,2,3-Trimethylbenzene	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Limonene	4.3	4.1	3.8	3.4	3.2	4.2	3.3	3.8	0.5	4.3	3.2

ตารางที่ ข-2.5 ปริมาณความเข้มข้นของสารอินทรีย์ระเหยภายในอาคารจากบ้านในพื้นที่ทั่วไป (PR2-NR) เขตยานนาวา กรุงเทพมหานคร ใน1 สัปดาห์

สารประกอบ VOCs	Indoor										
	20/07/48	21/07/48	22/07/48	23/07/48	24/07/48	25/07/48	26/07/48	Indoor average	SD	MAX	MIN
Benzene	20.5	21.1	19.6	18.5	17.9	21.3	20.6	19.9	1.3	21.3	17.9
Toluene	105.7	97.4	93.7	109.8	101.3	96.2	110.1	102.0	6.6	110.1	93.7
Ethylbenzene	3.9	3.1	2.9	2.4	3.1	3.6	3.4	3.2	0.5	3.9	2.4
m-Xylene	6.2	7.6	8.4	9.1	6.3	7.1	7.4	7.4	1.1	9.1	6.2
p-Xylene	5.8	6.1	5.1	5.9	4.8	5.6	5.3	5.5	0.5	6.1	4.8
o-Xylene	3.6	3.1	2.9	4.1	2.9	3.6	4.6	3.5	0.6	4.6	2.9
3-Ethyltoluene	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
4-Ethyltoluene	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
1,3,5-Trimethylbenzene	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Decane	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
1,2,4-Trimethylbenzene	2.5	2.9	3.4	2.1	2.4	3.1	2.6	2.7	0.4	3.4	2.1
1,4-Dichlorobenzene	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
1,2,3-Trimethylbenzene	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Limonene	2.6	2.3	1.9	2.4	1.8	1.7	2.1	2.1	0.3	2.6	1.7

ตารางที่ ข-2.6 ปริมาณความเข้มข้นของสารอินทรีย์ระเหยที่บุคคลได้รับสัมผัสจากบ้านในพื้นที่ทั่วไป (PR2-NR) เขต
ยานนาวา กรุงเทพมหานคร ใน1 สัปดาห์

สารประกอบ VOCs	Personal										
	20/07/48	21/07/48	22/07/48	23/07/48	24/07/48	25/07/48	26/07/48	Personal average	SD	MAX	MIN
Benzene	17.1	15.9	15.6	16.8	14.5	16.1	16.6	16.1	0.9	17.1	14.5
Toluene	75.5	77.4	67.3	69.8	70.1	66.2	71.1	71.1	4.1	77.4	66.2
Ethylbenzene	2.6	2.1	1.9	1.6	2.3	2.5	2.4	2.2	0.4	2.6	1.6
m-Xylene	2.6	3.1	3.4	3.9	3.2	3.4	3.5	3.3	0.4	3.9	2.6
p-Xylene	2.4	2.9	2.1	2.3	1.9	2.5	2.1	2.3	0.3	2.9	1.9
o-Xylene	1.9	1.5	1.7	2.1	1.4	2.3	2.4	1.9	0.4	2.4	1.4
3-Ethyltoluene	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
4-Ethyltoluene	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
1,3,5-Trimethylbenzene	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Decane	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
1,2,4-Trimethylbenzene	1.1	1.6	2.1	1.0	1.3	1.7	1.2	1.4	0.4	2.1	1.0
1,4-Dichlorobenzene	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
1,2,3-Trimethylbenzene	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Limonene	2.9	2.7	2.4	3.1	2.4	2.1	3.1	2.7	0.4	3.1	2.1

ตารางที่ ข-3.1 ปริมาณความเข้มข้นของสารอินทรีย์ระเหยภายนอกอาคารจากบ้านที่ติดถนนพหลโยธิน (PT1-RD) เขตจตุจักร กรุงเทพมหาคร ใน1 สัปดาห์

สารประกอบVOCs	Outdoor										
	20/07/48	21/07/48	22/07/48	23/07/48	24/07/48	25/07/48	26/07/48	Outdoor average	SD	MAX	MIN
Benzene	82.7	77.2	76.4	79.0	76.4	83.4	81.2	79.5	3.0	83.4	76.4
Toluene	222.2	224.5	211.2	231.4	209.1	235.0	228.6	223.1	9.9	235.0	209.1
Ethylbenzene	17.3	16.1	16.2	16.6	15.5	18.5	18.0	16.9	1.1	18.5	15.5
m-Xylene	29.8	27.8	27.1	27.9	26.0	31.0	30.2	28.5	1.8	31.0	26.0
p-Xylene	24.5	22.8	22.0	22.6	21.0	25.1	24.5	23.2	1.5	25.1	21.0
o-Xylene	20.9	19.4	20.3	20.9	19.4	23.2	22.6	21.0	1.5	23.2	19.4
3-Ethyltoluene	9.5	8.9	8.1	8.4	7.8	9.3	9.1	8.7	0.6	9.5	7.8
4-Ethyltoluene	8.2	7.6	7.3	7.5	7.0	8.3	8.1	7.7	0.5	8.3	7.0
1,3,5-Trimethylbenzene	5.2	4.8	3.6	3.7	3.4	4.1	4.0	4.1	0.7	5.2	3.4
Decane	3.0	2.8	1.9	2.0	1.8	2.2	2.2	2.3	0.5	3.0	1.8
1,2,4-Trimethylbenzene	12.6	11.7	10.3	10.6	9.9	11.8	11.5	11.2	1.0	12.6	9.9
1,4-Dichlorobenzene	5.0	4.6	3.4	3.5	3.3	3.9	3.8	3.9	0.6	5.0	3.3
1,2,3-Trimethylbenzene	5.0	4.7	3.8	4.0	3.7	4.4	4.3	4.3	0.5	5.0	3.7
Limonene	3.3	3.0	3.0	nd	nd	nd	nd	3.1	1.7	3.3	nd

ตารางที่ ข-3.2 ปริมาณความเข้มข้นของสารอินทรีย์ระเหยภายในอาคารจากบ้านที่ติดถนนพหลโยธิน (PT1-RD) เขตจตุจักร กรุงเทพมหานคร ใน1 สัปดาห์

สารประกอบ VOCs	Indoor										
	20/07/48	21/07/48	22/07/48	23/07/48	24/07/48	25/07/48	26/07/48	Indoor average	SD	MAX	MIN
Benzene	55.3	53.3	51.4	52.6	48.7	58.3	54.2	53.4	3.0	58.3	48.7
Toluene	184.6	178.0	193.7	175.5	176.4	194.4	180.7	183.3	7.9	194.4	175.5
Ethylbenzene	9.2	8.9	10.0	9.0	9.5	10.0	9.3	9.4	0.5	10.0	8.9
m-Xylene	19.1	18.4	21.6	19.9	17.8	22.1	20.5	19.9	1.6	22.1	17.8
p-Xylene	11.7	11.2	13.3	13.8	12.7	15.3	14.2	13.2	1.4	15.3	11.2
o-Xylene	10.2	9.9	11.2	11.0	10.7	12.2	11.3	10.9	0.8	12.2	9.9
3-Ethyltoluene	4.8	4.6	4.8	4.4	4.6	4.9	4.5	4.7	0.2	4.9	4.4
4-Ethyltoluene	3.9	3.8	4.4	3.9	4.2	4.3	4.0	4.1	0.2	4.4	3.8
1,3,5-Trimethylbenzene	2.4	2.3	2.2	2.1	2.1	2.3	2.2	2.2	0.1	2.4	2.1
Decane	1.8	1.8	1.1	0.8	1.1	0.9	0.9	1.2	0.4	1.8	0.8
1,2,4-Trimethylbenzene	6.4	6.1	5.8	5.8	5.5	6.4	6.0	6.0	0.3	6.4	5.5
1,4-Dichlorobenzene	2.7	2.6	2.0	2.4	1.9	2.6	2.4	2.4	0.3	2.7	1.9
1,2,3-Trimethylbenzene	2.9	2.8	2.7	2.4	2.6	2.7	2.5	2.7	0.2	2.9	2.4
Limonene	2.6	2.5	2.9	nd	nd	nd	nd	2.7	1.4	2.9	nd

ตารางที่ ข-3.3 ปริมาณความเข้มข้นของสารอินทรีย์ระเหยที่บุคคลได้รับสัมผัสจากบ้านที่ติดถนนพหลโยธิน (PT1-RD) เขตจตุจักร กรุงเทพมหานคร ใน1 สัปดาห์

สารประกอบ VOCs	Personal										
	20/07/48	21 ก.ค.48	22/07/48	23/07/48	24/07/48	25/07/48	26/07/48	Personal average	SD	MAX	MIN
Benzene	29.7	28.7	26.5	27.7	24.7	29.2	28.8	27.9	1.8	29.7	24.7
Toluene	93.4	90.5	88.2	89.3	82.2	92.0	90.6	89.5	3.6	93.4	82.2
Ethylbenzene	4.5	4.3	5.1	4.6	4.8	4.4	4.3	4.6	0.3	5.1	4.3
m-Xylene	11.9	11.5	9.3	9.8	8.6	11.7	11.5	10.6	1.3	11.9	8.6
p-Xylene	5.7	5.5	6.7	6.3	6.2	5.6	5.5	5.9	0.5	6.7	5.5
o-Xylene	4.5	4.3	6.2	6.2	5.8	4.4	4.4	5.1	0.9	6.2	4.3
3-Ethyltoluene	2.4	2.4	2.3	2.1	2.1	2.4	2.4	2.3	0.1	2.4	2.1
4-Ethyltoluene	2.4	2.3	2.2	2.1	2.1	2.4	2.3	2.3	0.1	2.4	2.1
1,3,5-Trimethylbenzene	1.2	1.2	1.3	1.0	1.2	1.2	1.2	1.2	0.1	1.3	1.0
Decane	1.4	1.4	0.6	0.6	0.6	1.4	1.4	1.1	0.4	1.4	0.6
1,2,4-Trimethylbenzene	3.2	3.1	2.8	2.7	2.6	3.2	3.1	3.0	0.2	3.2	2.6
1,4-Dichlorobenzene	1.9	1.8	1.0	1.1	1.0	1.9	1.8	1.5	0.4	1.9	1.0
1,2,3-Trimethylbenzene	2.0	2.0	1.5	1.2	1.4	2.0	2.0	1.7	0.4	2.0	1.2
Limonene	nd	nd	2.6	nd	nd	nd	nd	2.6	1.0	2.6	nd

ตารางที่ ข-3.4 ปริมาณความเข้มข้นของสารอินทรีย์ระเหยภายนอกอาคารจากบ้านในพื้นที่ทั่วไป (PT2-NR) เขตจตุจักร กรุงเทพมหานคร ใน1 สัปดาห์

สารประกอบVOCs	Outdoor										
	20/07/48	21/07/48	22/07/48	23/07/48	24/07/48	25/07/48	26/07/48	Outdoor average	SD	MAX	MIN
Benzene	42.7	41.9	36.3	39.4	46.4	43.4	41.1	41.6	3.2	46.4	36.3
Toluene	125.6	124.5	121.7	131.4	109.1	115.3	118.4	120.9	7.3	131.4	109.1
Ethylbenzene	8.9	8.1	7.7	9.6	7.4	9.5	9.0	8.6	0.9	9.6	7.4
m-Xylene	11.8	12.7	13.2	13.7	11.9	14.6	14.4	13.2	1.1	14.6	11.8
p-Xylene	10.6	12.4	11.9	12.6	11.0	14.5	14.4	12.5	1.5	14.5	10.6
o-Xylene	9.8	8.4	9.3	10.8	8.6	11.3	10.6	9.8	1.1	11.3	8.4
3-Ethyltoluene	3.9	2.8	2.5	3.3	2.4	3.6	3.2	3.1	0.6	3.9	2.4
4-Ethyltoluene	3.1	2.6	2.2	3.4	2.9	3.3	3.0	2.9	0.4	3.4	2.2
1,3,5-Trimethylbenzene	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Decane	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
1,2,4-Trimethylbenzene	5.6	6.7	5.3	5.6	4.2	5.1	6.2	5.5	0.8	6.7	4.2
1,4-Dichlorobenzene	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
1,2,3-Trimethylbenzene	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Limonene	4.3	4.7	3.9	3.7	3.3	4.1	4.5	4.1	0.5	4.7	3.3

ตารางที่ ข-3.5 ปริมาณความเข้มข้นของสารอินทรีย์ระเหยภายในอาคารจากบ้านในพื้นที่ทั่วไป (PT2-NR) เขตจตุจักร กรุงเทพมหานคร ใน1 สัปดาห์

สารประกอบ VOCs	Indoor										
	20/07/48	21/07/48	22/07/48	23/07/48	24/07/48	25/07/48	26/07/48	Indoor average	SD	MAX	MIN
Benzene	33.6	29.9	27.6	29.4	24.6	31.3	30.2	29.5	2.8	33.6	24.6
Toluene	80.1	80.8	74.3	76.7	70.2	75.5	78.4	76.6	3.7	80.8	70.2
Ethylbenzene	5.3	6.1	5.4	6.1	4.9	5.6	4.7	5.4	0.5	6.1	4.7
m-Xylene	7.6	8.6	9.1	9.4	7.3	9.7	9.8	8.8	1.0	9.8	7.3
p-Xylene	6.3	6.9	5.2	5.8	4.6	7.6	8.1	6.4	1.3	8.1	4.6
o-Xylene	4.6	4.1	5.3	5.9	3.9	5.7	4.8	4.9	0.8	5.9	3.9
3-Ethyltoluene	1.6	1.4	2.1	2.3	1.5	2.7	2.3	2.0	0.5	2.7	1.4
4-Ethyltoluene	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
1,3,5-Trimethylbenzene	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Decane	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
1,2,4-Trimethylbenzene	3.1	3.6	2.4	2.8	1.9	2.1	3.3	2.7	0.6	3.6	1.9
1,4-Dichlorobenzene	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
1,2,3-Trimethylbenzene	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Limonene	2.6	2.8	2.9	2.4	2.2	1.9	3.1	2.6	0.4	3.1	1.9

ตารางที่ ข-3.6 ปริมาณความเข้มข้นของสารอินทรีย์ระเหยที่บุคคลได้รับสัมผัสจากบ้านในพื้นที่ทั่วไป (PT2-NR) เขตจตุจักร กรุงเทพมหานคร ใน1 สัปดาห์

สารประกอบ VOCs	Personal										
	20/07/48	21 ก.ค.48	22/07/48	23/07/48	24/07/48	25/07/48	26/07/48	Personal average	SD	MAX	MIN
Benzene	28.1	24.6	22.7	23.2	22.8	26.7	27.1	25.0	2.3	28.1	22.7
Toluene	60.1	61.2	57.3	55.3	51.1	66.1	62.3	59.1	4.9	66.1	51.1
Ethylbenzene	4.1	4.5	3.9	4.2	2.9	3.8	3.1	3.8	0.6	4.5	2.9
m-Xylene	5.1	5.3	6.1	6.3	4.9	5.8	5.7	5.6	0.5	6.3	4.9
p-Xylene	5.2	4.9	4.2	3.9	3.4	5.6	5.9	4.7	0.9	5.9	3.4
o-Xylene	3.1	2.8	3.3	2.9	2.2	3.8	3.6	3.1	0.5	3.8	2.2
3-Ethyltoluene	1.8	1.5	1.9	1.8	1.1	2.1	1.9	1.7	0.3	2.1	1.1
4-Ethyltoluene	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
1,3,5-Trimethylbenzene	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Decane	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
1,2,4-Trimethylbenzene	2.1	2.6	1.8	1.9	1.1	1.7	1.4	1.8	0.5	2.6	1.1
1,4-Dichlorobenzene	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
1,2,3-Trimethylbenzene	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Limonene	3.1	3.6	3.5	3.7	2.9	3.2	3.4	3.3	0.3	3.7	2.9

ตารางที่ ข-4.1 ปริมาณความเข้มข้นของสารอินทรีย์ระเหยภายนอกอาคารจากบ้านที่ติดถนนพญาไท (PY1-RD) เขตราชเทวี กรุงเทพมหานคร ใน1 สัปดาห์

สารประกอบVOCs	Outdoor										
	20/07/48	21/07/48	22/07/48	23/07/48	24/07/48	25/07/48	26/07/48	Outdoor average	SD	MAX	MIN
Benzene	80.1	74.9	76.8	77.1	75.5	82.8	81.8	78.4	3.1	82.8	74.9
Toluene	204.6	200.4	196.8	202.7	198.8	204.2	206.1	201.9	3.4	206.1	196.8
Ethylbenzene	14.9	14.6	14.3	14.8	14.7	14.7	14.4	14.6	0.2	14.9	14.3
m-Xylene	25.7	25.1	24.6	25.0	25.3	26.0	24.8	25.2	0.5	26.0	24.6
p-Xylene	21.1	20.6	20.2	19.1	20.8	21.6	20.4	20.5	0.8	21.6	19.1
o-Xylene	18.0	17.6	17.2	16.4	17.7	18.1	17.4	17.5	0.6	18.1	16.4
3-Ethyltoluene	8.2	8.0	7.9	7.8	8.1	8.6	7.9	8.1	0.3	8.6	7.8
4-Ethyltoluene	7.1	6.9	6.8	7.2	7.0	7.5	6.8	7.0	0.3	7.5	6.8
1,3,5-Trimethylbenzene	4.5	4.4	4.3	5.3	4.4	5.0	4.3	4.6	0.4	5.3	4.3
Decane	2.6	2.5	2.5	3.5	2.6	3.3	2.5	2.8	0.4	3.5	2.5
1,2,4-Trimethylbenzene	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
1,4-Dichlorobenzene	4.3	4.2	4.1	5.6	4.2	5.0	4.1	4.5	0.6	5.6	4.1
1,2,3-Trimethylbenzene	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Limonene	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
2-Ethyltoluene	1.5	0.9	0.7	0.6	0.6	2.4	1.5	1.2	0.7	2.4	0.6

ตารางที่ ข-4.2 ปริมาณความเข้มข้นของสารอินทรีย์ระเหยภายในอาคารจากบ้านที่ติดถนนพญาไท (PY1-RD) เขตราชเทวี กรุงเทพมหานคร ใน1 สัปดาห์

สารประกอบ VOCs	Indoor										
	20/07/48	21/07/48	22/07/48	23/07/48	24/07/48	25/07/48	26/07/48	Indoor average	SD	MAX	MIN
Benzene	51.3	49.7	51.8	51.8	51.6	51.4	51.2	51.2	0.7	51.8	49.7
Toluene	126.2	157.5	134.8	133.2	134.3	135.5	135.2	136.7	9.7	157.5	126.2
Ethylbenzene	8.3	10.5	7.8	8.1	8.8	7.9	7.7	8.4	1.0	10.5	7.7
m-Xylene	17.2	21.9	16.2	16.8	18.3	16.4	15.9	17.5	2.1	21.9	15.9
p-Xylene	10.5	13.4	9.9	10.3	11.2	10.0	9.7	10.7	1.3	13.4	9.7
o-Xylene	9.2	11.7	8.7	9.0	9.8	8.8	8.5	9.4	1.1	11.7	8.5
3-Ethyltoluene	4.3	5.4	4.0	4.2	4.6	4.1	4.0	4.4	0.5	5.4	4.0
4-Ethyltoluene	3.5	4.5	3.3	3.5	3.8	3.4	3.3	3.6	0.4	4.5	3.3
1,3,5-Trimethylbenzene	2.2	2.8	2.1	2.1	2.3	2.1	2.0	2.2	0.3	2.8	2.0
Decane	1.4	1.8	1.3	1.4	1.5	1.3	1.3	1.4	0.2	1.8	1.3
1,2,4-Trimethylbenzene	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
1,4-Dichlorobenzene	2.2	2.8	2.1	2.2	2.4	2.1	2.1	2.3	0.3	2.8	2.1
1,2,3-Trimethylbenzene	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Limonene	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
2-Ethyltoluene	0.8	1.0	0.8	0.8	0.9	0.8	0.7	0.8	0.1	1.0	0.7

ตารางที่ ข-4.3 ปริมาณความเข้มข้นของสารอินทรีย์ระเหยที่บุคคลได้รับสัมผัสจากบ้านที่ติดถนนพญาไท (PY1-RD) เขตราชเทวี กรุงเทพมหานคร ใน1 สัปดาห์

สารประกอบ VOCs	Personal										
	20/07/48	21/07/48	22/07/48	23/07/48	24/07/48	25/07/48	26/07/48	Personal average	SD	MAX	MIN
Benzene	33.7	30.0	31.6	33.6	33.0	32.3	34.4	32.7	1.5	34.4	30.0
Toluene	70.7	70.4	68.4	73.3	71.8	75.1	70.4	71.4	2.2	75.1	68.4
Ethylbenzene	4.2	4.2	4.1	5.5	5.5	4.3	4.1	4.6	0.6	5.5	4.1
m-Xylene	11.2	11.1	11.0	14.5	14.6	11.4	11.0	12.1	1.7	14.6	11.0
p-Xylene	5.4	5.4	5.3	7.0	7.1	5.5	5.3	5.8	0.8	7.1	5.3
o-Xylene	4.2	4.2	4.2	5.5	5.5	4.3	4.2	4.6	0.6	5.5	4.2
3-Ethyltoluene	2.3	2.3	2.3	3.0	3.0	2.3	2.3	2.5	0.3	3.0	2.3
4-Ethyltoluene	2.3	2.3	2.2	3.0	3.0	2.3	2.2	2.5	0.3	3.0	2.2
1,3,5-Trimethylbenzene	1.1	1.1	1.1	1.5	1.5	1.2	1.1	1.2	0.2	1.5	1.1
Decane	1.4	1.4	1.3	1.8	1.8	1.4	1.3	1.5	0.2	1.8	1.3
1,2,4-Trimethylbenzene	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
1,4-Dichlorobenzene	1.8	1.8	1.8	2.3	2.3	1.8	1.8	1.9	0.3	2.3	1.8
1,2,3-Trimethylbenzene	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Limonene	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
2-Ethyltoluene	0.4	0.4	0.3	0.5	0.4	0.4	0.3	0.4	0.1	0.5	0.3

ตารางที่ ข-4.4 ปริมาณความเข้มข้นของสารอินทรีย์ระเหยภายนอกอาคารจากบ้านในพื้นที่ทั่วไป (PY2-NR) เขตดินแดง กรุงเทพมหานคร ใน1 สัปดาห์

สารประกอบVOCs	Outdoor										
	20/07/48	21/07/48	22/07/48	23/07/48	24/07/48	25/07/48	26/07/48	Outdoor average	SD	MAX	MIN
Benzene	52.0	51.1	53.2	40.8	41.7	41.6	38.3	45.5	6.3	53.2	38.3
Toluene	158.2	152.8	153.0	136.4	133.4	144.6	140.7	145.6	9.3	158.2	133.4
Ethylbenzene	10.9	11.0	10.9	11.0	11.0	11.0	11.1	11.0	0.1	11.1	10.9
m-Xylene	12.8	13.2	12.9	13.0	13.2	13.2	13.5	13.1	0.2	13.5	12.8
p-Xylene	12.1	12.3	11.9	12.1	12.6	12.7	13.2	12.4	0.4	13.2	11.9
o-Xylene	7.3	8.4	9.2	8.4	7.8	8.6	8.9	8.4	0.6	9.2	7.3
3-Ethyltoluene	1.9	1.8	1.7	1.8	1.8	2.1	2.2	1.9	0.2	2.2	1.7
4-Ethyltoluene	1.6	1.6	1.4	1.6	1.6	2.1	2.1	1.7	0.3	2.1	1.4
1,3,5-Trimethylbenzene	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Decane	1.8	1.2	1.7	1.6	2.1	2..2	2.5	1.8	0.4	2.5	1.2
1,2,4-Trimethylbenzene	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
1,4-Dichlorobenzene	0.4	0.4	0.3	0.3	0.5	0.5	0.7	0.4	0.1	0.7	0.3
1,2,3-Trimethylbenzene	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Limonene	3.2	3.3	2.9	2.9	3.3	2.7	2.9	3.0	0.2	3.3	2.7
2-Ethyltoluene	0.9	1.2	1.3	1.4	0.8	0.9	1.4	1.1	0.3	1.4	0.8

ตารางที่ ข-4.5 ปริมาณความเข้มข้นของสารอินทรีย์ระเหยภายในอาคารจากบ้านในพื้นที่ทั่วไป (PY2-NR) เขตดินแดง กรุงเทพมหานคร ใน1 สัปดาห์

สารประกอบ VOCs	Indoor										
	20/07/48	21/07/48	22/07/48	23/07/48	24/07/48	25/07/48	26/07/48	Indoor average	SD	MAX	MIN
Benzene	23.5	24.6	28.4	24.5	21.7	20.5	21.6	23.5	2.6	28.4	20.5
Toluene	165.0	107.0	110.5	150.9	126.4	137.8	126.2	132.0	20.9	165.0	107.0
Ethylbenzene	5.5	7.5	6.5	6.4	7.5	8.5	7.5	7.1	1.0	8.5	5.5
m-Xylene	1.4	9.3	8.4	8.0	7.4	9.4	8.6	7.5	2.8	9.4	1.4
p-Xylene	7.2	6.4	7.3	6.4	7.5	7.2	8.3	7.2	0.7	8.3	6.4
o-Xylene	4.7	3.8	4.8	3.9	3.9	4.7	4.8	4.4	0.5	4.8	3.8
3-Ethyltoluene	7.4	1.5	1.4	1.4	1.4	1.5	1.5	2.3	2.2	7.4	1.4
4-Ethyltoluene	0.6	0.8	0.7	0.5	0.6	0.8	0.9	0.7	0.1	0.9	0.5
1,3,5-Trimethylbenzene	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Decane	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3	0.4	0.4	0.1	0.4	0.3
1,2,4-Trimethylbenzene	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
1,4-Dichlorobenzene	0.2	0.2	0.1	0.2	0.2	0.2	0.4	0.2	0.1	0.4	0.1
1,2,3-Trimethylbenzene	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Limonene	2.2	2.4	2.8	2.5	2.8	2.1	1.7	2.4	0.4	2.8	1.7
2-Ethyltoluene	0.2	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.4	0.3	0.1	0.4	0.2

ตารางที่ ข-4.6 ปริมาณความเข้มข้นของสารอินทรีย์ระเหยที่บุคคลได้รับสัมผัสจากบ้านในพื้นที่ทั่วไป (PY2-NR) เขต

ดินแดง กรุงเทพมหานคร ใน1 สัปดาห์

สารประกอบVOCs	Personal										
	20/07/48	21/07/48	22/07/48	23/07/48	24/07/48	25/07/48	26/07/48	Personal average	SD	MAX	MIN
Benzene	17.1	17.3	22.9	18.3	19.8	16.7	16.9	18.4	2.3	22.9	16.7
Toluene	55.7	64.3	60.5	70.9	64.9	58.4	58.0	61.8	5.2	70.9	55.7
Ethylbenzene	4.2	3.2	4.4	3.6	3.2	4.5	4.7	4.0	0.6	4.7	3.2
m-Xylene	4.5	3.9	4.6	3.6	3.6	4.1	4.6	4.1	0.4	4.6	3.6
p-Xylene	3.4	2.5	2.6	3.6	2.4	3.5	3.8	3.1	0.6	3.8	2.4
o-Xylene	2.4	2.3	2.2	2.5	1.9	2.7	2.9	2.4	0.3	2.9	1.9
3-Ethyltoluene	0.5	0.7	0.9	0.4	0.7	0.8	0.9	0.7	0.2	0.9	0.4
4-Ethyltoluene	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.3	0.1	0.1	0.3	0.1
1,3,5-Trimethylbenzene	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Decane	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.3	0.2	0.1	0.3	0.1
1,2,4-Trimethylbenzene	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
1,4-Dichlorobenzene	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.3	0.1	0.1	0.3	0.1
1,2,3-Trimethylbenzene	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Limonene	2.1	1.9	1.6	1.4	1.5	1.3	1.2	1.6	0.3	2.1	1.2
2-Ethyltoluene	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.3	0.1	0.1	0.3	0.1

ตารางที่ ข-5.1 ปริมาณความเข้มข้นของสารอินทรีย์ระเหยภายนอกอาคารจากบ้านที่ติดถนนลาดพร้าว (LP1-RD) เขตบางกะปิ กรุงเทพมหานคร ใน1 สัปดาห์

สารประกอบ VOCs	Outdoor										
	20/07/48	21/07/48	22/07/48	23/07/48	24/07/48	25/07/48	26/07/48	Outdoor average	SD	MAX	MIN
Benzene	74.8	71.9	75.3	71.8	76.7	78.2	79.9	75.5	3.0	79.9	71.8
Toluene	212.7	209.3	203.4	190.2	202.6	234.2	233.4	212.3	16.3	234.2	190.2
Ethylbenzene	15.0	15.2	15.9	15.4	14.8	14.6	15.6	15.2	0.5	15.9	14.6
m-Xylene	24.7	24.9	25.1	25.0	23.3	24.2	26.1	24.8	0.9	26.1	23.3
p-Xylene	19.3	19.5	20.4	21.1	20.5	21.4	21.4	20.5	0.9	21.4	19.3
o-Xylene	17.4	17.6	17.5	17.8	17.1	17.3	17.6	17.5	0.2	17.8	17.1
3-Ethyltoluene	8.3	8.4	8.8	8.1	8.7	8.1	8.3	8.4	0.3	8.8	8.1
4-Ethyltoluene	7.4	7.5	7.8	6.5	7.5	7.2	7.1	7.3	0.4	7.8	6.5
1,3,5-Trimethylbenzene	4.1	4.2	4.4	4.5	4.6	4.0	4.4	4.3	0.2	4.6	4.0
Decane	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
1,2,4-Trimethylbenzene	11.3	11.4	11.9	10.9	10.7	11.5	11.5	11.3	0.4	11.9	10.7
1,4-Dichlorobenzene	4.2	4.2	4.4	4.5	4.6	4.0	4.2	4.3	0.2	4.6	4.0
1,2,3-Trimethylbenzene	4.0	4.0	4.2	4.3	4.9	4.1	4.1	4.2	0.3	4.9	4.0
Limonene	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd

ตารางที่ ข-5.2 ปริมาณความเข้มข้นของสารอินทรีย์ระเหยภายในอาคารจากบ้านที่ติดถนนลาดพร้าว (LP1-RD) เขตบางกะปิ กรุงเทพมหานคร ใน1 สัปดาห์

สารประกอบVOCs	Indoor										
	20/07/48	21/07/48	22/07/48	23/07/48	24/07/48	25/07/48	26/07/48	Indoor average	SD	MAX	MIN
Benzene	56.4	51.8	55.9	56.4	54.5	54.7	50.1	54.3	2.4	56.4	50.1
Toluene	165.5	161.3	159.3	152.3	152.6	155.1	162.7	158.4	5.1	165.5	152.3
Ethylbenzene	7.0	6.5	6.9	6.9	6.6	7.5	7.0	6.9	0.3	7.5	6.5
m-Xylene	17.4	16.0	17.6	17.9	16.8	18.7	17.8	17.5	0.9	18.7	16.0
p-Xylene	8.6	7.5	8.8	7.8	7.0	9.5	8.4	8.2	0.9	9.5	7.0
o-Xylene	9.5	8.0	8.8	9.7	7.6	9.9	9.1	8.9	0.9	9.9	7.6
3-Ethyltoluene	4.6	4.7	4.0	4.0	4.8	4.2	4.1	4.3	0.3	4.8	4.0
4-Ethyltoluene	3.6	3.4	3.6	3.8	3.3	4.0	4.4	3.7	0.4	4.4	3.3
1,3,5-Trimethylbenzene	2.1	1.8	1.6	2.1	1.7	2.4	2.1	2.0	0.3	2.4	1.6
Decane	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
1,2,4-Trimethylbenzene	6.0	5.8	6.9	5.9	4.8	6.3	6.9	6.1	0.7	6.9	4.8
1,4-Dichlorobenzene	2.1	1.8	1.9	2.0	1.7	2.3	2.1	2.0	0.2	2.3	1.7
1,2,3-Trimethylbenzene	2.3	2.1	1.4	1.2	1.2	2.6	2.4	1.9	0.6	2.6	1.2
Limonene	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd

ตารางที่ ข-5.3 ปริมาณความเข้มข้นของสารอินทรีย์ระเหยที่บุคคลได้รับสัมผัสจากบ้านที่ติดถนนลาดพร้าว (LP1-RD) เขตบางกะปิ กรุงเทพมหานคร ใน1 สัปดาห์

สารประกอบVOCs	Personal										
	20/07/48	21/07/48	22/07/48	23/07/48	24/07/48	25/07/48	26/07/48	Personal average	SD	MAX	MIN
Benzene	29.6	28.4	26.0	24.6	25.0	27.6	27.5	27.0	1.8	29.6	24.6
Toluene	83.3	52.9	66.2	58.1	66.4	73.3	75.7	68.0	10.4	83.3	52.9
Ethylbenzene	2.9	2.6	3.2	3.1	2.9	3.2	3.1	3.0	0.2	3.2	2.6
m-Xylene	9.5	8.3	10.3	11.0	7.4	11.3	11.2	9.9	1.5	11.3	7.4
p-Xylene	3.7	3.4	3.3	3.9	3.1	3.7	3.4	3.5	0.3	3.9	3.1
o-Xylene	4.5	4.2	3.8	3.6	2.6	3.2	3.6	3.6	0.6	4.5	2.6
3-Ethyltoluene	2.6	2.5	2.8	2.7	1.6	3.2	3.4	2.7	0.6	3.4	1.6
4-Ethyltoluene	1.4	1.6	1.8	1.2	0.9	2.1	2.2	1.6	0.5	2.2	0.9
1,3,5-Trimethylbenzene	0.9	0.5	1.1	1.0	0.4	1.4	1.3	0.9	0.4	1.4	0.4
Decane	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
1,2,4-Trimethylbenzene	2.5	3.1	3.3	2.3	2.2	3.4	3.3	2.9	0.5	3.4	2.2
1,4-Dichlorobenzene	1.0	0.9	0.7	0.6	0.4	0.5	0.7	0.7	0.2	1.0	0.4
1,2,3-Trimethylbenzene	0.5	0.8	0.9	0.6	0.3	0.5	0.7	0.6	0.2	0.9	0.3
Limonene	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd

ตารางที่ ข-5.4 ปริมาณความเข้มข้นของสารอินทรีย์ระเหยภายนอกอาคารจากบ้านในพื้นที่ทั่วไป (LP2-RD) เขตบางกะปิ กรุงเทพมหานคร ใน1 สัปดาห์

สารประกอบ VOCs	Outdoor										
	20/07/48	21/07/48	22/07/48	23/07/48	24/07/48	25/07/48	26/07/48	Outdoor average	SD	MAX	MIN
Benzene	44.8	51.1	45.3	51.8	46.7	48.2	49.9	48.3	2.8	51.8	44.8
Toluene	152.7	139.3	143.4	150.2	142.6	154.2	143.4	146.5	5.7	154.2	139.3
Ethylbenzene	8.6	7.5	7.1	6.5	6.1	6.7	7.9	7.2	0.9	8.6	6.1
m-Xylene	16.4	14.9	15.5	16.9	13.3	14.2	16.1	15.3	1.3	16.9	13.3
p-Xylene	9.3	8.5	10.1	10.5	8.7	9.1	8.2	9.2	0.8	10.5	8.2
o-Xylene	9.4	8.6	7.5	7.8	6.1	7.3	7.6	7.8	1.0	9.4	6.1
3-Ethyltoluene	3.1	3.1	2.8	2.9	2.4	2.7	3.3	2.9	0.3	3.3	2.4
4-Ethyltoluene	2.9	3.1	3.4	2.6	2.9	2.7	3.1	3.0	0.3	3.4	2.6
1,3,5-Trimethylbenzene	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Decane	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
1,2,4-Trimethylbenzene	6.3	5.4	6.9	5.9	5.7	7.5	7.7	6.5	0.9	7.7	5.4
1,4-Dichlorobenzene	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
1,2,3-Trimethylbenzene	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Limonene	3.6	3.8	3.1	2.9	4.1	3.3	3.5	3.5	0.4	4.1	2.9

ตารางที่ ข-5.5 ปริมาณความเข้มข้นของสารอินทรีย์ระเหยภายในอาคารจากบ้านในพื้นที่ทั่วไป (LP2-RD) เขตบางกะปี กรุงเทพมหานคร ใน1 สัปดาห์

สารประกอบVOCs	Indoor										
	20/07/48	21/07/48	22/07/48	23/07/48	24/07/48	25/07/48	26/07/48	Indoor average	SD	MAX	MIN
Benzene	30.4	31.1	33.5	28.1	26.7	28.2	29.9	29.7	2.3	33.5	26.7
Toluene	107.3	109.3	103.4	100.2	102.6	104.2	103.4	104.3	3.0	109.3	100.2
Ethylbenzene	3.6	3.1	2.8	2.6	2.1	2.9	3.9	3.0	0.6	3.9	2.1
m-Xylene	8.6	7.9	6.5	6.9	5.9	6.2	7.6	7.1	1.0	8.6	5.9
p-Xylene	3.9	4.1	4.3	4.5	2.7	3.1	2.8	3.6	0.7	4.5	2.7
o-Xylene	2.9	3.1	2.7	3.7	2.7	3.3	3.6	3.1	0.4	3.7	2.7
3-Ethyltoluene	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
4-Ethyltoluene	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
1,3,5-Trimethylbenzene	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Decane	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
1,2,4-Trimethylbenzene	3.4	2.4	2.6	2.9	2.8	3.1	3.6	3.0	0.4	3.6	2.4
1,4-Dichlorobenzene	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
1,2,3-Trimethylbenzene	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Limonene	2.6	2.8	2.4	2.2	3.3	2.7	3.1	2.7	0.4	3.3	2.2

ตารางที่ ข-5.6 ปริมาณความเข้มข้นของสารอินทรีย์ระเหยที่บุคคลได้รับสัมผัสจากบ้านในพื้นที่ทั่วไป (LP2-RD) เขตบางกะปี กรุงเทพมหานคร ใน1 สัปดาห์

สารประกอบVOCs	Personal										
	20/07/48	21/07/48	22/07/48	23/07/48	24/07/48	25/07/48	26/07/48	Personal average	SD	MAX	MIN
Benzene	20.5	21.3	23.1	18.4	16.9	18.7	19.8	19.8	2.0	23.1	16.9
Toluene	67.2	59.3	63.4	60.2	52.6	64.2	53.4	60.0	5.5	67.2	52.6
Ethylbenzene	1.3	1.1	0.9	0.8	1.1	1.5	2.1	1.3	0.4	2.1	0.8
m-Xylene	4.6	3.9	2.5	3.6	2.9	4.2	3.6	3.6	0.7	4.6	2.5
p-Xylene	1.8	2.2	2.4	1.6	1.8	1.1	1.2	1.7	0.5	2.4	1.1
o-Xylene	1.5	1.3	1.5	1.1	0.8	1.3	2.1	1.4	0.4	2.1	0.8
3-Ethyltoluene	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
4-Ethyltoluene	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
1,3,5-Trimethylbenzene	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Decane	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
1,2,4-Trimethylbenzene	2.1	1.7	1.5	1.3	1.7	2.0	2.3	1.8	0.4	2.3	1.3
1,4-Dichlorobenzene	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
1,2,3-Trimethylbenzene	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Limonene	2.4	2.9	2.6	2.4	3.1	3.2	3.1	2.8	0.3	3.2	2.4

ตารางที่ ข-6.1 ปริมาณความเข้มข้นของสารอินทรีย์ระเหยภายนอกอาคารจากบ้านที่ติดถนนจรัญสนิทวงศ์ (JW1-RD) เขตบางกอกน้อย กรุงเทพมหานคร ใน1 สัปดาห์

สารประกอบVOCs	Outdoor										
	20/07/48	21/07/48	22/07/48	23/07/48	24/07/48	25/07/48	26/07/48	Outdoor average	SD	MAX	MIN
Benzene	73.1	72.2	73.1	72.9	73.6	76.7	75.4	73.9	1.6	76.7	72.2
Toluene	214.1	207.6	210.2	210.6	209.8	214.6	212.3	211.3	2.5	214.6	207.6
Ethylbenzene	14.9	13.8	14.0	14.0	13.1	15.6	15.4	14.4	0.9	15.6	13.1
m-Xylene	26.3	24.7	25.3	25.3	23.7	27.4	27.1	25.7	1.3	27.4	23.7
p-Xylene	20.7	20.0	20.1	20.4	19.7	21.9	21.9	20.7	0.9	21.9	19.7
o-Xylene	18.5	17.8	18.0	18.5	17.2	19.9	20.0	18.6	1.0	20.0	17.2
3-Ethyltoluene	7.9	7.4	7.1	7.2	7.3	8.6	8.0	7.6	0.5	8.6	7.1
4-Ethyltoluene	6.6	7.0	6.9	7.3	4.6	7.5	7.8	6.8	1.1	7.8	4.6
1,3,5-Trimethylbenzene	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Decane	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
1,2,4-Trimethylbenzene	10.4	10.2	10.3	10.4	9.7	11.3	10.9	10.5	0.5	11.3	9.7
1,4-Dichlorobenzene	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
1,2,3-Trimethylbenzene	3.9	3.5	3.7	3.8	3.4	4.7	4.0	3.8	0.5	4.7	3.4
Limonene	3.1	3.5	3.3	3.0	3.4	2.8	3.1	3.2	0.3	3.5	2.8

ตารางที่ ข-6.2 ปริมาณความเข้มข้นของสารอินทรีย์ระเหยภายในอาคารจากบ้านที่ติดถนนจรัญสนิทวงศ์ (JW1-RD) เขตบางกอกน้อย กรุงเทพมหานคร ใน1 สัปดาห์

สารประกอบVOCs	Indoor										
	20/07/48	21/07/48	22/07/48	23/07/48	24/07/48	25/07/48	26/07/48	Indoor average	SD	MAX	MIN
Benzene	45.1	41.7	44.9	45.5	44.0	49.0	48.4	45.5	2.5	49.0	41.7
Toluene	156.0	152.5	154.0	180.5	155.0	162.6	162.0	160.4	9.7	180.5	152.5
Ethylbenzene	10.1	9.8	7.5	7.2	7.5	6.4	8.5	8.1	1.4	10.1	6.4
m-Xylene	17.9	16.5	17.7	18.2	13.5	19.8	19.1	17.5	2.1	19.8	13.5
p-Xylene	12.3	9.0	11.3	12.8	11.0	13.4	10.6	11.5	1.5	13.4	9.0
o-Xylene	10.4	9.5	10.9	9.1	9.0	10.2	11.1	10.0	0.9	11.1	9.0
3-Ethyltoluene	3.8	3.7	3.8	3.5	3.5	4.6	4.6	3.9	0.5	4.6	3.5
4-Ethyltoluene	3.7	4.1	3.6	3.5	0.0	3.6	3.5	3.2	1.4	4.1	0.0
1,3,5-Trimethylbenzene	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Decane	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
1,2,4-Trimethylbenzene	5.9	6.1	6.1	5.5	4.7	5.1	6.5	5.7	0.6	6.5	4.7
1,4-Dichlorobenzene	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
1,2,3-Trimethylbenzene	2.2	1.9	2.7	2.7	2.1	2.4	3.1	2.4	0.4	3.1	1.9
Limonene	2.5	3.0	3.2	2.6	3.3	2.7	2.8	2.9	0.3	3.3	2.5

ตารางที่ ข-6.3 ปริมาณความเข้มข้นของสารอินทรีย์ระเหยที่บุคคลได้รับสัมผัสจากบ้านที่ติดถนนจรัญสนิทวงศ์(JW1-RD) เขตบางกอกน้อย กรุงเทพมหานคร ใน1 สัปดาห์

สารประกอบVOCs	Personal										
	20/07/48	21/07/48	22/07/48	23/07/48	24/07/48	25/07/48	26/07/48	Personal average	SD	MAX	MIN
Benzene	32.4	31.7	33.6	32.7	31.8	34.9	32.1	32.7	1.1	34.9	31.7
Toluene	70.6	68.1	69.5	104.9	68.5	77.1	72.4	75.9	13.1	104.9	68.1
Ethylbenzene	5.2	4.4	3.1	3.4	3.2	3.2	4.2	3.8	0.8	5.2	3.1
m-Xylene	10.6	8.5	8.3	9.9	6.2	9.5	10.2	9.0	1.5	10.6	6.2
p-Xylene	6.8	4.8	5.6	6.5	5.2	7.9	5.2	6.0	1.1	7.9	4.8
o-Xylene	6.0	4.4	5.3	5.0	3.9	5.6	5.6	5.1	0.7	6.0	3.9
3-Ethyltoluene	2.9	2.5	1.7	1.8	1.8	2.6	2.3	2.2	0.5	2.9	1.7
4-Ethyltoluene	2.9	2.5	1.7	2.0	0.0	2.0	1.9	1.8	0.9	2.9	0.0
1,3,5-Trimethylbenzene	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Decane	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
1,2,4-Trimethylbenzene	4.2	3.6	2.8	2.7	1.9	2.6	3.8	3.1	0.8	4.2	1.9
1,4-Dichlorobenzene	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
1,2,3-Trimethylbenzene	1.2	1.0	2.5	2.3	1.0	2.2	2.4	1.8	0.7	2.5	1.0
Limonene	3.2	3.0	3.1	2.5	3.2	2.7	2.5	2.9	0.3	3.2	2.5

ตารางที่ ข-6.4 ปริมาณความเข้มข้นของสารอินทรีย์ระเหยภายนอกอาคารจากบ้านในพื้นที่ทั่วไป (JW2-NR) เขตบางกอกน้อย กรุงเทพมหานคร ใน1 สัปดาห์

สารประกอบVOCs	Outdoor										
	20/07/48	21/07/48	22/07/48	23/07/48	24/07/48	25/07/48	26/07/48	Outdoor average	SD	MAX	MIN
Benzene	33.1	32.2	37.1	39.2	33.6	36.7	35.4	35.3	2.5	39.2	32.2
Toluene	114.1	107.6	110.2	110.6	109.8	114.6	112.3	111.3	2.5	114.6	107.6
Ethylbenzene	6.9	5.8	5.7	7.0	5.1	6.6	6.4	6.2	0.7	7.0	5.1
m-Xylene	17.3	16.7	15.2	15.9	14.7	17.4	17.1	16.3	1.1	17.4	14.7
p-Xylene	11.6	12.0	12.4	10.4	9.8	11.9	11.1	11.3	0.9	12.4	9.8
o-Xylene	9.8	8.7	9.0	7.5	6.2	8.9	7.4	8.2	1.2	9.8	6.2
3-Ethyltoluene	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
4-Ethyltoluene	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
1,3,5-Trimethylbenzene	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Decane	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
1,2,4-Trimethylbenzene	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
1,4-Dichlorobenzene	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
1,2,3-Trimethylbenzene	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Limonene	4.2	3.9	4.6	3.3	4.1	4.4	3.7	4.0	0.4	4.6	3.3

ตารางที่ ข-6.5 ปริมาณความเข้มข้นของสารอินทรีย์ระเหยภายในอาคารจากบ้านในพื้นที่ทั่วไป (JW2-NR) เขตบางกอกน้อย กรุงเทพมหานคร ใน1 สัปดาห์

สารประกอบVOCs	Indoor										
	20/07/48	21/07/48	22/07/48	23/07/48	24/07/48	25/07/48	26/07/48	Indoor average	SD	MAX	MIN
Benzene	25.3	22.3	26.3	23.9	20.8	24.7	25.4	24.1	1.9	26.3	20.8
Toluene	84.1	77.6	70.2	70.6	69.8	74.6	79.2	75.2	5.4	84.1	69.8
Ethylbenzene	4.6	3.5	3.1	4.1	3.2	3.4	4.2	3.7	0.6	4.6	3.1
m-Xylene	13.7	11.7	12.5	10.9	9.7	14.1	13.9	12.4	1.7	14.1	9.7
p-Xylene	6.1	6.4	5.9	5.6	4.7	6.9	7.2	6.1	0.8	7.2	4.7
o-Xylene	4.9	3.8	4.4	3.2	2.9	3.6	4.1	3.8	0.7	4.9	2.9
3-Ethyltoluene	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
4-Ethyltoluene	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
1,3,5-Trimethylbenzene	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Decane	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
1,2,4-Trimethylbenzene	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
1,4-Dichlorobenzene	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
1,2,3-Trimethylbenzene	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Limonene	3.5	3.3	3.9	2.9	3.4	3.9	3.1	3.4	0.4	3.9	2.9

ตารางที่ ข-6.6 ปริมาณความเข้มข้นของสารอินทรีย์ระเหยที่บุคคลได้รับสัมผัสจากบ้านในพื้นที่ทั่วไป (JW2-NR) เขตบางกอกน้อย กรุงเทพมหานคร ใน1 สัปดาห์

สารประกอบVOCs	Personal										
	20/07/48	21/07/48	22/07/48	23/07/48	24/07/48	25/07/48	26/07/48	Personal average	SD	MAX	MIN
Benzene	20.5	18.2	21.4	19.3	17.1	19.7	20.4	19.5	1.5	21.4	17.1
Toluene	68.1	57.6	62.2	56.5	50.8	71.1	67.8	62.0	7.4	71.1	50.8
Ethylbenzene	2.7	2.1	1.9	2.2	1.7	1.6	2.3	2.1	0.4	2.7	1.6
m-Xylene	8.1	7.7	9.5	8.9	7.2	10.1	9.3	8.7	1.0	10.1	7.2
p-Xylene	3.4	3.1	4.1	4.3	2.7	3.6	4.4	3.7	0.6	4.4	2.7
o-Xylene	2.8	2.1	2.6	1.9	1.6	2.2	2.0	2.2	0.4	2.8	1.6
3-Ethyltoluene	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
4-Ethyltoluene	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
1,3,5-Trimethylbenzene	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Decane	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
1,2,4-Trimethylbenzene	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
1,4-Dichlorobenzene	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
1,2,3-Trimethylbenzene	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Limonene	3.9	3.4	4.2	3.2	3.8	3.2	4.1	3.7	0.4	4.2	3.2

ตารางที่ ข-7.1 ปริมาณความเข้มข้นของสารอินทรีย์ระเหยภายนอกอาคารจากบ้านที่ติดถนนเพชรเกษม (PK1-RD) เขตบางแค กรุงเทพมหานคร ใน1 สัปดาห์

สารประกอบ VOCs	Outdoor										
	20/07/48	21/07/48	22/07/48	23/07/48	24/07/48	25/07/48	26/07/48	Outdoor average	SD	MAX	MIN
Benzene	71.9	72.0	72.3	71.8	70.7	73.0	72.0	72.0	0.7	73.0	70.7
Toluene	209.2	209.4	198.5	209.1	207.0	211.8	208.8	207.7	4.3	211.8	198.5
Ethylbenzene	14.7	14.7	14.0	15.4	15.0	15.5	15.2	14.9	0.5	15.5	14.0
m-Xylene	24.5	24.5	23.2	25.1	24.4	25.2	24.9	24.5	0.7	25.2	23.2
p-Xylene	20.0	20.0	18.9	19.8	19.3	19.9	19.6	19.7	0.4	20.0	18.9
o-Xylene	17.6	17.6	16.7	17.5	17.0	17.6	17.3	17.3	0.4	17.6	16.7
3-Ethyltoluene	8.3	8.3	7.9	8.2	8.0	8.3	8.1	8.2	0.2	8.3	7.9
4-Ethyltoluene	6.5	6.5	6.2	6.5	6.3	6.5	6.4	6.4	0.1	6.5	6.2
1,3,5-Trimethylbenzene	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Decane	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
1,2,4-Trimethylbenzene	10.0	10.0	9.5	9.9	9.7	10.0	9.8	9.9	0.2	10.0	9.5
1,4-Dichlorobenzene	3.4	3.4	3.2	3.4	3.3	3.4	3.4	3.4	0.1	3.4	3.2
1,2,3-Trimethylbenzene	3.2	3.2	3.0	3.2	3.1	3.2	3.1	3.1	0.1	3.2	3.0
Limonene	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd

ตารางที่ ข-7.2 ปริมาณความเข้มข้นของสารอินทรีย์ระเหยภายในอาคารจากบ้านที่ติดถนนเพชรเกษม (PK1-RD) เขตบางแค กรุงเทพมหานคร ใน1 สัปดาห์

สารประกอบVOCs	Indoor										
	20/07/48	21/07/48	22/07/48	23/07/48	24/07/48	25/07/48	26/07/48	Indoor average	SD	MAX	MIN
Benzene	45.6	40.2	42.7	41.1	40.3	47.6	46.9	43.5	3.2	47.6	40.2
Toluene	129.9	130.1	128.6	131.1	109.9	138.9	137.1	129.4	9.4	138.9	109.9
Ethylbenzene	7.9	8.2	7.3	6.8	6.1	6.9	8.4	7.4	0.8	8.4	6.1
m-Xylene	18.3	17.6	16.9	18.3	17.4	19.8	17.3	17.9	1.0	19.8	16.9
p-Xylene	12.6	13.9	10.7	10.9	13.3	13.4	11.5	12.3	1.3	13.9	10.7
o-Xylene	9.6	8.2	7.1	8.4	7.6	8.5	8.2	8.2	0.8	9.6	7.1
3-Ethyltoluene	5.1	4.7	3.9	4.6	4.1	4.9	5.3	4.7	0.5	5.3	3.9
4-Ethyltoluene	3.6	3.4	4.1	4.3	3.1	4.6	4.2	3.9	0.5	4.6	3.1
1,3,5-Trimethylbenzene	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Decane	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
1,2,4-Trimethylbenzene	6.9	6.6	5.3	5.1	4.3	5.8	6.2	5.7	0.9	6.9	4.3
1,4-Dichlorobenzene	2.3	2.2	1.4	1.5	1.2	1.9	2.1	1.8	0.4	2.3	1.2
1,2,3-Trimethylbenzene	1.9	1.6	1.1	2.1	1.4	2.5	2.2	1.8	0.5	2.5	1.1
Limonene	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd

ตารางที่ ข-7.3 ปริมาณความเข้มข้นของสารอินทรีย์ระเหยที่บุคคลได้รับสัมผัสจากบ้านที่ติดถนนเพชรเกษม (PK1-RD) เขตบางแค กรุงเทพมหานคร ใน1 สัปดาห์

สารประกอบVOCs	Personal										
	20/07/48	21 ก.ค.48	22/07/48	23/07/48	24/07/48	25/07/48	26/07/48	Personal average	SD	MAX	MIN
Benzene	27.5	25.5	22.5	24.1	20.3	26.7	25.1	24.5	2.5	27.5	20.3
Toluene	66.7	71.2	64.3	73.9	59.8	73.7	74.1	69.1	5.6	74.1	59.8
Ethylbenzene	3.9	4.7	4.1	3.2	3.5	3.9	4.3	3.9	0.5	4.7	3.2
m-Xylene	9.6	8.5	7.8	9.4	8.2	9.9	7.6	8.7	0.9	9.9	7.6
p-Xylene	7.1	5.2	5.4	6.3	6.1	6.8	5.6	6.1	0.7	7.1	5.2
o-Xylene	4.6	4.1	3.9	4.2	3.5	4.4	3.8	4.1	0.4	4.6	3.5
3-Ethyltoluene	3.2	2.6	2.7	2.4	2.1	2.4	2.9	2.6	0.4	3.2	2.1
4-Ethyltoluene	2.1	2.6	2.5	1.9	1.4	2.3	1.7	2.1	0.4	2.6	1.4
1,3,5-Trimethylbenzene	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Decane	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
1,2,4-Trimethylbenzene	2.4	2.7	2.3	2.1	2.6	2.8	3.3	2.6	0.4	3.3	2.1
1,4-Dichlorobenzene	1.5	1.1	0.9	1.2	0.6	1.3	1.4	1.1	0.3	1.5	0.6
1,2,3-Trimethylbenzene	1.3	0.8	0.7	1.6	0.9	1.4	1.2	1.1	0.3	1.6	0.7
Limonene	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd

ตารางที่ ข-7.4 ปริมาณความเข้มข้นของสารอินทรีย์ระเหยภายนอกอาคารจากบ้านในพื้นที่ทั่วไป (PK2-NR) เขตบางแค กรุงเทพมหานคร ใน1 สัปดาห์

สารประกอบ VOCs	Outdoor										
	20/07/48	21/07/48	22/07/48	23/07/48	24/07/48	25/07/48	26/07/48	Outdoor average	SD	MAX	MIN
Benzene	32.6	33.4	29.8	31.1	27.8	33.1	30.2	31.1	2.0	33.4	27.8
Toluene	116.9	119.4	112.8	111.6	109.1	114.3	118.7	114.7	3.8	119.4	109.1
Ethylbenzene	5.1	4.9	4.3	4.4	4.8	5.5	5.7	5.0	0.5	5.7	4.3
m-Xylene	9.4	8.5	7.3	8.7	9.1	6.9	8.1	8.3	0.9	9.4	6.9
p-Xylene	7.3	6.7	5.9	6.9	5.5	7.1	6.8	6.6	0.7	7.3	5.5
o-Xylene	5.1	4.5	4.1	4.6	3.2	5.2	5.7	4.6	0.8	5.7	3.2
3-Ethyltoluene	3.9	4.1	3.1	3.6	2.8	3.4	2.9	3.4	0.5	4.1	2.8
4-Ethyltoluene	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
1,3,5-Trimethylbenzene	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Decane	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
1,2,4-Trimethylbenzene	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
1,4-Dichlorobenzene	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
1,2,3-Trimethylbenzene	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Limonene	4.4	4.9	5.1	5.3	4.9	5.5	4.1	4.9	0.5	5.5	4.1

ตารางที่ ข-7.5 ปริมาณความเข้มข้นของสารอินทรีย์ระเหยภายในอาคารจากบ้านในพื้นที่ทั่วไป (PK2-NR) เขตบางแค กรุงเทพมหานคร ใน1 สัปดาห์

สารประกอบVOCs	Indoor										
	20/07/48	21/07/48	22/07/48	23/07/48	24/07/48	25/07/48	26/07/48	Indoor average	SD	MAX	MIN
Benzene	23.5	26.4	21.2	26.7	20.1	24.6	23.9	23.8	2.5	26.7	20.1
Toluene	121.0	122.1	115.3	106.7	112.4	111.6	109.4	114.1	5.8	122.1	106.7
Ethylbenzene	3.6	3.2	2.9	3.1	3.4	3.8	3.9	3.4	0.4	3.9	2.9
m-Xylene	8.1	7.9	6.2	7.3	7.9	5.8	6.7	7.1	0.9	8.1	5.8
p-Xylene	5.6	4.9	4.7	5.2	4.1	6.3	5.1	5.1	0.7	6.3	4.1
o-Xylene	3.9	3.1	2.9	3.4	2.6	3.1	3.5	3.2	0.4	3.9	2.6
3-Ethyltoluene	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
4-Ethyltoluene	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
1,3,5-Trimethylbenzene	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Decane	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
1,2,4-Trimethylbenzene	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
1,4-Dichlorobenzene	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
1,2,3-Trimethylbenzene	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Limonene	3.6	4.1	4.6	3.9	3.7	4.3	2.9	3.9	0.5	4.6	2.9

ตารางที่ ข-7.6 ปริมาณความเข้มข้นของสารอินทรีย์ระเหยที่บุคคลได้รับสัมผัสจากบ้านในพื้นที่ทั่วไป (PK2-NR) เขตบางแค กรุงเทพมหานคร ใน1 สัปดาห์

สารประกอบVOCs	Personal										
	20/07/48	21/07/48	22/07/48	23/07/48	24/07/48	25/07/48	26/07/48	Personal average	SD	MAX	MIN
Benzene	16.8	18.6	17.1	19.2	16.5	17.6	18.2	17.7	1.0	19.2	16.5
Toluene	65.1	65.5	60.2	56.3	59.8	57.6	55.4	60.0	4.0	65.5	55.4
Ethylbenzene	2.5	2.3	2.1	2.9	2.3	2.8	3.1	2.6	0.4	3.1	2.1
m-Xylene	5.6	5.1	5.3	4.9	5.9	4.3	4.9	5.1	0.5	5.9	4.3
p-Xylene	3.6	2.8	2.6	3.2	2.1	3.5	3.4	3.0	0.5	3.6	2.1
o-Xylene	2.3	2.1	1.9	2.2	1.8	2.8	2.9	2.3	0.4	2.9	1.8
3-Ethyltoluene	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
4-Ethyltoluene	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
1,3,5-Trimethylbenzene	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Decane	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
1,2,4-Trimethylbenzene	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
1,4-Dichlorobenzene	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
1,2,3-Trimethylbenzene	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Limonene	3.8	4.6	4.4	4.8	4.9	4.6	3.9	4.4	0.4	4.9	3.8

ตารางที่ ข-8.1 ปริมาณความเข้มข้นของสารอินทรีย์ระเหยภายนอกอาคารจากบ้านที่ติดถนนศรีนครินทร์ (SR1-RD) เขตประเวศ กรุงเทพมหานคร ใน1 สัปดาห์

สารประกอบ VOCs	Outdoor										
	20/07/48	21/07/48	22/07/48	23/07/48	24/07/48	25/07/48	26/07/48	Outdoor average	SD	MAX	MIN
Benzene	70.7	67.8	73.9	73.6	67.2	76.2	74.6	72.0	3.5	76.2	67.2
Toluene	211.8	203.3	221.4	220.5	201.3	228.2	223.4	215.7	10.4	228.2	201.3
Ethylbenzene	13.2	12.7	13.8	13.8	12.6	14.2	13.9	13.5	0.6	14.2	12.6
m-Xylene	21.9	21.0	22.9	22.8	20.8	23.6	23.1	22.3	1.1	23.6	20.8
p-Xylene	19.4	18.6	20.3	20.2	18.4	20.9	20.5	19.7	1.0	20.9	18.4
o-Xylene	15.7	15.1	16.4	16.3	14.9	16.9	16.5	16.0	0.8	16.9	14.9
3-Ethyltoluene	7.3	7.0	7.6	7.6	6.9	7.9	7.7	7.4	0.4	7.9	6.9
4-Ethyltoluene	6.5	6.2	6.8	6.7	6.2	7.0	6.8	6.6	0.3	7.0	6.2
1,3,5-Trimethylbenzene	3.6	3.5	3.8	3.8	3.4	3.9	3.8	3.7	0.2	3.9	3.4
Decane	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
1,2,4-Trimethylbenzene	10.4	10.0	10.9	10.8	9.9	11.2	11.0	10.6	0.5	11.2	9.9
1,4-Dichlorobenzene	3.6	3.5	3.8	3.8	3.5	3.9	3.8	3.7	0.2	3.9	3.5
1,2,3-Trimethylbenzene	3.7	3.6	3.9	3.9	3.5	4.0	3.9	3.8	0.2	4.0	3.5
Limonene	2.7	2.6	2.8	2.8	2.5	2.9	2.8	2.7	0.1	2.9	2.5

ตารางที่ ข-8.2 ปริมาณความเข้มข้นของสารอินทรีย์ระเหยภายในอาคารจากบ้านที่ติดถนนศรีนครินทร์ (SR1-RD) เขตประเวศ กรุงเทพมหานคร ใน1 สัปดาห์

สารประกอบVOCs	Indoor										
	20/07/48	21/07/48	22/07/48	23/07/48	24/07/48	25/07/48	26/07/48	Indoor average	SD	MAX	MIN
Benzene	35.5	31.2	32.4	36.8	24.4	36.4	33.8	32.9	4.3	36.8	24.4
Toluene	101.7	112.4	109.6	118.4	98.1	116.7	123.4	111.5	9.1	123.4	98.1
Ethylbenzene	5.6	6.5	7.7	5.9	4.9	8.3	9.1	6.9	1.5	9.1	4.9
m-Xylene	10.9	13.4	12.8	14.7	9.8	11.6	15.5	12.7	2.0	15.5	9.8
p-Xylene	8.8	8.1	6.2	9.7	5.2	9.9	10.1	8.3	1.9	10.1	5.2
o-Xylene	9.6	9.1	8.1	6.7	5.3	8.4	8.8	8.0	1.5	9.6	5.3
3-Ethyltoluene	4.2	4.9	3.6	3.5	2.9	3.8	3.6	3.8	0.6	4.9	2.9
4-Ethyltoluene	4.4	2.2	4.7	2.7	2.1	3.9	4.1	3.4	1.1	4.7	2.1
1,3,5-Trimethylbenzene	1.6	2.4	1.7	2.7	1.4	2.9	1.8	2.1	0.6	2.9	1.4
Decane	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
1,2,4-Trimethylbenzene	5.4	6.9	5.8	5.8	4.8	7.2	7.9	6.3	1.1	7.9	4.8
1,4-Dichlorobenzene	1.6	1.5	1.8	2.7	0.9	2.9	1.3	1.8	0.7	2.9	0.9
1,2,3-Trimethylbenzene	0.7	1.5	0.8	1.3	0.5	1.1	1.6	1.1	0.4	1.6	0.5
Limonene	0.6	0.9	0.8	0.8	0.5	1.4	1.1	0.9	0.3	1.4	0.5

ตารางที่ ข-8.3 ปริมาณความเข้มข้นของสารอินทรีย์ระเหยที่บุคคลได้รับสัมผัสจากบ้านที่ติดถนนศรีนครินทร์ (SR1-RD) เขตประเวศ กรุงเทพมหานคร ใน1 สัปดาห์

สารประกอบVOCs	Personal										
	20/07/48	21/07/48	22/07/48	23/07/48	24/07/48	25/07/48	26/07/48	Personal average	SD	MAX	MIN
Benzene	21.5	20.4	23.1	24.2	20.4	24.8	23.9	22.6	1.8	24.8	20.4
Toluene	64.2	59.3	62.3	68.7	50.3	56.6	53.7	59.3	6.3	68.7	50.3
Ethylbenzene	3.1	2.5	3.7	2.7	1.8	3.6	3.2	2.9	0.7	3.7	1.8
m-Xylene	6.4	5.7	6.9	5.1	4.3	6.8	5.5	5.8	0.9	6.9	4.3
p-Xylene	3.4	3.2	2.4	4.2	2.3	4.8	3.7	3.4	0.9	4.8	2.3
o-Xylene	3.7	3.4	2.9	2.5	2.3	2.8	3.1	3.0	0.5	3.7	2.3
3-Ethyltoluene	2.3	2.6	2.7	2.9	1.8	2.6	2.4	2.5	0.4	2.9	1.8
4-Ethyltoluene	2.3	2.1	2.8	2.6	1.7	2.8	3.1	2.5	0.5	3.1	1.7
1,3,5-Trimethylbenzene	0.5	1.1	0.9	1.3	0.9	1.4	0.7	1.0	0.3	1.4	0.5
Decane	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
1,2,4-Trimethylbenzene	2.9	3.2	2.7	2.8	2.2	3.3	3.5	2.9	0.4	3.5	2.2
1,4-Dichlorobenzene	0.9	0.7	0.8	1.4	0.5	1.6	1.1	1.0	0.4	1.6	0.5
1,2,3-Trimethylbenzene	0.4	0.8	0.6	0.9	0.3	0.6	0.9	0.6	0.2	0.9	0.3
Limonene	1.1	1.3	1.4	1.1	1.6	1.6	1.8	1.4	0.3	1.8	1.1

ตารางที่ ข-8.4 ปริมาณความเข้มข้นของสารอินทรีย์ระเหยภายนอกอาคารจากบ้านในพื้นที่ทั่วไป (SR2-NR) เขตประเวศ กรุงเทพมหานคร ใน1 สัปดาห์

สารประกอบ VOCs	Outdoor										
	20/07/48	21/07/48	22/07/48	23/07/48	24/07/48	25/07/48	26/07/48	Outdoor average	SD	MAX	MIN
Benzene	45.6	44.8	43.9	42.6	40.1	46.1	44.5	43.9	2.0	46.1	40.1
Toluene	147.1	153.2	141.4	150.5	140.5	148.2	153.4	147.8	5.2	153.4	140.5
Ethylbenzene	7.2	6.6	7.8	6.7	6.5	8.2	8.9	7.4	0.9	8.9	6.5
m-Xylene	11.9	11.2	12.9	16.1	15.8	13.6	14.1	13.7	1.8	16.1	11.2
p-Xylene	8.3	7.6	10.2	9.1	6.4	11.8	10.4	9.1	1.8	11.8	6.4
o-Xylene	4.8	5.5	6.3	7.3	8.9	6.9	7.5	6.7	1.4	8.9	4.8
3-Ethyltoluene	2.2	2.9	1.6	2.5	3.9	2.8	3.6	2.8	0.8	3.9	1.6
4-Ethyltoluene	3.4	2.6	3.7	2.7	4.1	2.9	3.8	3.3	0.6	4.1	2.6
1,3,5-Trimethylbenzene	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Decane	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
1,2,4-Trimethylbenzene	5.4	6.9	5.8	4.8	7.8	7.2	5.9	6.3	1.1	7.8	4.8
1,4-Dichlorobenzene	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
1,2,3-Trimethylbenzene	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Limonene	4.6	4.5	3.7	5.7	5.5	3.8	4.8	4.7	0.8	5.7	3.7

ตารางที่ ข-8.5 ปริมาณความเข้มข้นของสารอินทรีย์ระเหยภายในอาคารจากบ้านในพื้นที่ทั่วไป (SR2-NR) เขตประเวศ กรุงเทพมหานคร ใน1 สัปดาห์

สารประกอบVOCs	Indoor										
	20/07/48	21/07/48	22/07/48	23/07/48	24/07/48	25/07/48	26/07/48	Indoor average	SD	MAX	MIN
Benzene	32.5	30.4	29.3	32.6	30.1	26.5	24.9	29.5	2.9	32.6	24.9
Toluene	112.4	124.2	111.6	110.8	115.6	118.1	113.4	115.2	4.7	124.2	110.8
Ethylbenzene	5.1	4.2	4.8	3.7	2.7	3.8	2.9	3.9	0.9	5.1	2.7
m-Xylene	6.8	5.2	5.9	7.2	8.5	6.6	7.4	6.8	1.1	8.5	5.2
p-Xylene	5.8	4.6	5.2	6.2	4.6	6.7	4.4	5.4	0.9	6.7	4.4
o-Xylene	3.1	4.2	3.8	4.7	5.6	4.8	5.5	4.5	0.9	5.6	3.1
3-Ethyltoluene	1.3	1.6	1.1	1.9	2.4	2.1	1.7	1.7	0.4	2.4	1.1
4-Ethyltoluene	2.2	1.9	1.7	1.1	2.6	1.4	1.2	1.7	0.5	2.6	1.1
1,3,5-Trimethylbenzene	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Decane	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
1,2,4-Trimethylbenzene	3.5	2.9	3.1	2.2	3.8	4.1	2.6	3.2	0.7	4.1	2.2
1,4-Dichlorobenzene	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
1,2,3-Trimethylbenzene	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Limonene	3.1	2.9	2.8	4.6	3.4	2.6	2.9	3.2	0.7	4.6	2.6

ตารางที่ ข-8.6 ปริมาณความเข้มข้นของสารอินทรีย์ระเหยที่บุคคลได้รับสัมผัสจากบ้านในพื้นที่ทั่วไป (SR2-NR) เขตประเวศ กรุงเทพมหานคร ใน1 สัปดาห์

สารประกอบVOCs	Personal										
	20/07/48	21/07/48	22/07/48	23/07/48	24/07/48	25/07/48	26/07/48	Personal average	SD	MAX	MIN
Benzene	23.6	17.3	15.9	22.1	20.2	19.9	16.9	19.4	2.8	23.6	15.9
Toluene	52.4	54.2	61.6	50.8	65.6	58.1	53.4	56.6	5.4	65.6	50.8
Ethylbenzene	3.2	2.6	2.8	2.2	2.1	3.1	2.2	2.6	0.5	3.2	2.1
m-Xylene	4.6	3.2	3.9	4.2	4.8	3.7	4.1	4.1	0.5	4.8	3.2
p-Xylene	3.1	2.9	3.2	3.8	2.7	3.6	2.2	3.1	0.5	3.8	2.2
o-Xylene	2.3	3.1	2.6	3.4	3.9	2.7	3.1	3.0	0.5	3.9	2.3
3-Ethyltoluene	0.6	1.1	0.7	1.3	1.9	1.1	0.8	1.1	0.4	1.9	0.6
4-Ethyltoluene	1.4	1.1	0.9	0.7	1.6	0.8	0.9	1.1	0.3	1.6	0.7
1,3,5-Trimethylbenzene	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Decane	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
1,2,4-Trimethylbenzene	2.3	2.1	2.5	1.7	2.9	3.2	1.9	2.4	0.5	3.2	1.7
1,4-Dichlorobenzene	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
1,2,3-Trimethylbenzene	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Limonene	4.3	3.9	4.1	3.4	3.7	3.1	3.4	3.7	0.4	4.3	3.1

ตารางที่ข-9.1 ปริมาณความเข้มข้นของสารอินทรีย์ระเหยภานนอกอาคารจากบ้านที่ติดถนนรามอินทรา (RT1-RD) เขตคันนายาว กรุงเทพมหานคร ใน1 สัปดาห์

สารประกอบ VOCs	Outdoor										
	20/07/48	21/07/48	22/07/48	23/07/48	24/07/48	25/07/48	26/07/48	Outdoor average	SD	MAX	MIN
Benzene	77.8	75.8	79.0	76.0	73.9	82.6	76.6	77.4	2.8	82.6	73.9
Toluene	206.0	211.3	210.1	211.6	206.0	220.1	213.4	211.2	4.8	220.1	206.0
Ethylbenzene	14.9	14.5	15.2	14.5	14.1	15.0	15.7	14.8	0.5	15.7	14.1
m-Xylene	27.1	26.4	27.5	25.4	25.7	28.9	27.6	26.9	1.2	28.9	25.4
p-Xylene	21.9	20.3	22.2	21.3	22.7	24.3	23.5	22.3	1.3	24.3	20.3
o-Xylene	19.4	19.8	20.7	19.9	19.4	21.6	20.0	20.1	0.8	21.6	19.4
3-Ethyltoluene	8.3	9.1	8.4	9.1	6.8	7.9	7.2	8.1	0.9	9.1	6.8
4-Ethyltoluene	7.3	7.8	8.1	7.8	6.7	8.5	7.9	7.7	0.6	8.5	6.7
1,3,5-Trimethylbenzene	4.3	4.9	5.1	4.4	3.8	5.4	5.0	4.7	0.5	5.4	3.8
Decane	2.5	2.3	2.9	2.9	2.1	3.1	2.9	2.7	0.4	3.1	2.1
1,2,4-Trimethylbenzene	11.6	12.0	12.5	12.0	11.7	13.1	12.1	12.1	0.5	13.1	11.6
1,4-Dichlorobenzene	4.1	3.7	4.5	4.7	3.6	4.9	4.1	4.2	0.5	4.9	3.6
1,2,3-Trimethylbenzene	4.1	3.9	4.5	4.2	3.7	4.9	4.8	4.3	0.5	4.9	3.7
Limonene	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd

ตารางที่ข-9.2 ปริมาณความเข้มข้นของสารอินทรีย์ระเหยภานในอาคารจากบ้านที่ติดถนนรามอินทรา (RT1-RD) เขตคันนายาว กรุงเทพมหานคร ใน1 สัปดาห์

สารประกอบVOCs	Indoor										
	20/07/48	21/07/48	22/07/48	23/07/48	24/07/48	25/07/48	26/07/48	Indoor average	SD	MAX	MIN
Benzene	68.7	65.9	68.5	65.1	63.7	69.9	67.3	67.0	2.2	69.9	63.7
Toluene	178.9	171.3	179.4	165.5	162.2	179.8	167.7	172.1	7.3	179.8	162.2
Ethylbenzene	11.9	12.4	11.8	13.2	11.7	14.3	13.8	12.7	1.0	14.3	11.7
m-Xylene	23.1	22.5	21.3	24.1	19.8	26.5	24.3	23.1	2.2	26.5	19.8
p-Xylene	15.9	16.4	16.8	15.5	13.1	14.4	13.6	15.1	1.4	16.8	13.1
o-Xylene	15.1	14.4	14.7	13.7	12.4	15.6	15.5	14.5	1.1	15.6	12.4
3-Ethyltoluene	5.6	4.3	5.7	4.9	3.8	4.8	5.6	5.0	0.7	5.7	3.8
4-Ethyltoluene	4.3	3.7	4.4	3.1	2.9	3.9	3.6	3.7	0.6	4.4	2.9
1,3,5-Trimethylbenzene	3.1	2.9	2.7	3.2	2.3	3.4	2.8	2.9	0.4	3.4	2.3
Decane	1.2	1.6	1.5	1.7	1.1	1.9	1.8	1.5	0.3	1.9	1.1
1,2,4-Trimethylbenzene	8.1	7.5	8.3	8.4	7.1	8.8	8.5	8.1	0.6	8.8	7.1
1,4-Dichlorobenzene	2.9	2.4	3.1	2.9	2.1	3.6	3.4	2.9	0.5	3.6	2.1
1,2,3-Trimethylbenzene	2.7	2.3	2.9	2.1	1.8	3.4	3.2	2.6	0.6	3.4	1.8
Limonene	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd

ตารางที่ข-9.3 ปริมาณความเข้มข้นของสารอินทรีย์ระเหยที่บุคคลได้รับสัมผัสจากบ้านที่ติดถนนรามอินทรา (RT1-RD) เขตคันนายาว กรุงเทพมหานคร ใน1 สัปดาห์

สารประกอบVOCs	Personal										
	20/07/48	21/07/48	22/07/48	23/07/48	24/07/48	25/07/48	26/07/48	Personal average	SD	MAX	MIN
Benzene	31.5	34.6	32.7	33.1	30.4	36.5	32.4	33.0	2.0	36.5	30.4
Toluene	106.5	104.3	101.8	109.4	98.2	106.4	104.1	104.4	3.6	109.4	98.2
Ethylbenzene	7.3	7.6	6.1	8.3	5.8	7.4	6.2	7.0	0.9	8.3	5.8
m-Xylene	12.6	13.4	11.8	13.8	10.6	15.9	16.1	13.5	2.0	16.1	10.6
p-Xylene	8.3	7.6	6.5	6.1	7.5	7.8	7.9	7.4	0.8	8.3	6.1
o-Xylene	7.8	8.2	7.6	5.9	5.1	7.6	7.9	7.2	1.2	8.2	5.1
3-Ethyltoluene	3.2	2.8	3.4	2.6	2.1	2.4	3.1	2.8	0.5	3.4	2.1
4-Ethyltoluene	2.1	1.8	2.4	1.6	1.7	2.9	1.9	2.1	0.5	2.9	1.6
1,3,5-Trimethylbenzene	1.3	1.4	1.6	1.3	1.2	2.1	1.1	1.4	0.3	2.1	1.1
Decane	0.7	0.9	0.5	0.6	0.4	1.1	1.0	0.7	0.3	1.1	0.4
1,2,4-Trimethylbenzene	5.2	4.5	4.1	5.6	3.6	4.7	5.8	4.8	0.8	5.8	3.6
1,4-Dichlorobenzene	1.6	1.1	1.7	1.8	1.4	2.1	2.6	1.8	0.5	2.6	1.1
1,2,3-Trimethylbenzene	1.8	1.4	1.6	0.8	1.8	1.7	2.1	1.6	0.4	2.1	0.8
Limonene	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd

ตารางที่ ข-9.4 ปริมาณความเข้มข้นของสารอินทรีย์ระเหยภายนอกอาคารจากบ้านในพื้นที่ทั่วไป(RT2-NR) เขตคันนายาว กรุงเทพมหานคร ใน1 สัปดาห์

สารประกอบ VOCs	Outdoor										
	20/07/48	21/07/48	22/07/48	23/07/48	24/07/48	25/07/48	26/47/48	Outdoor average	SD	MAX	MIN
Benzene	40.4	45.8	38.9	35.9	43.9	42.5	36.5	40.6	3.7	45.8	35.9
Toluene	136.7	141.6	140.3	131.6	146.4	143.8	139.9	140.0	4.8	146.4	131.6
Ethylbenzene	9.9	8.4	7.1	9.5	7.8	6.9	6.6	8.0	1.3	9.9	6.6
m-Xylene	14.9	13.8	15.5	14.8	16.7	15.8	16.4	15.4	1.0	16.7	13.8
p-Xylene	13.8	16.3	12.4	13.3	15.2	13.5	14.3	14.1	1.3	16.3	12.4
o-Xylene	11.6	11.8	10.6	9.8	9.3	12.6	10.4	10.9	1.2	12.6	9.3
3-Ethyltoluene	3.3	2.6	3.4	2.8	2.4	3.1	2.9	2.9	0.4	3.4	2.4
4-Ethyltoluene	2.1	2.7	3.1	1.8	2.5	2.4	2.8	2.5	0.4	3.1	1.8
1,3,5-Trimethylbenzene	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Decane	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
1,2,4-Trimethylbenzene	7.2	6.9	5.8	6.1	5.1	7.9	7.5	6.6	1.0	7.9	5.1
1,4-Dichlorobenzene	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
1,2,3-Trimethylbenzene	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Limonene	3.6	2.9	3.4	3.7	4.1	3.2	2.8	3.4	0.5	4.1	2.8

ตารางที่ ข-9.5 ปริมาณความเข้มข้นของสารอินทรีย์ระเหยภายในอาคารจากบ้านในพื้นที่ทั่วไป (RT2-NR) เขตคันนายาว กรุงเทพมหานคร ใน1 สัปดาห์

สารประกอบVOCs	Indoor										
	20/07/48	21/07/48	22/07/48	23/07/48	24/07/48	25/07/48	26/07/48	Indoor average	SD	MAX	MIN
Benzene	26.5	22.6	24.8	25.6	23.7	25.5	27.2	25.1	1.6	27.2	22.6
Toluene	100.6	102.8	109.3	108.5	103.1	110.8	105.4	105.8	3.8	110.8	100.6
Ethylbenzene	3.6	2.8	3.8	4.8	4.2	3.1	3.4	3.7	0.7	4.8	2.8
m-Xylene	11.7	10.9	12.1	11.9	12.6	12.3	13.4	12.1	0.8	13.4	10.9
p-Xylene	9.3	10.8	8.6	8.9	11.4	9.2	11.3	9.9	1.2	11.4	8.6
o-Xylene	5.1	6.2	6.1	5.3	5.9	6.9	4.8	5.8	0.7	6.9	4.8
3-Ethyltoluene	1.9	1.3	1.6	2.1	1.1	2.4	1.7	1.7	0.4	2.4	1.1
4-Ethyltoluene	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
1,3,5-Trimethylbenzene	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Decane	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
1,2,4-Trimethylbenzene	4.6	3.4	2.9	2.8	2.1	3.4	3.7	3.3	0.8	4.6	2.1
1,4-Dichlorobenzene	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
1,2,3-Trimethylbenzene	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Limonene	2.5	2.1	2.9	2.4	3.6	2.8	2.2	2.6	0.5	3.6	2.1

ตารางที่ ข-9.6 ปริมาณความเข้มข้นของสารอินทรีย์ระเหยที่บุคคลได้รับสัมผัสจากบ้านในพื้นที่ทั่วไป (RT2-NR) เขตคันนายาว กรุงเทพมหานคร ใน1 สัปดาห์

สารประกอบVOCs	Personal										
	20/07/48	21/07/48	22/07/48	23/07/48	24/07/48	25/07/48	26/07/48	Personal average	SD	MAX	MIN
Benzene	19.6	16.8	18.4	15.6	14.7	16.5	18.4	17.1	1.7	19.6	14.7
Toluene	74.6	62.8	59.7	48.6	53.2	68.4	65.5	61.8	8.9	74.6	48.6
Ethylbenzene	2.3	2.1	2.9	3.2	2.6	1.9	2.3	2.5	0.5	3.2	1.9
m-Xylene	6.4	5.8	6.9	5.7	4.8	5.3	7.1	6.0	0.8	7.1	4.8
p-Xylene	5.7	6.8	5.8	6.9	5.4	6.2	5.3	6.0	0.6	6.9	5.3
o-Xylene	3.2	3.5	3.8	2.7	2.9	3.6	2.4	3.2	0.5	3.8	2.4
3-Ethyltoluene	1.1	0.9	1.2	1.7	0.8	1.9	0.6	1.2	0.5	1.9	0.6
4-Ethyltoluene	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
1,3,5-Trimethylbenzene	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Decane	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
1,2,4-Trimethylbenzene	2.9	2.7	2.1	1.8	1.2	2.8	2.5	2.3	0.6	2.9	1.2
1,4-Dichlorobenzene	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
1,2,3-Trimethylbenzene	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Limonene	3.2	2.9	3.7	3.4	4.1	3.7	2.9	3.4	0.4	4.1	2.9

ตารางที่ ข-10.1 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยปริมาณ VOCs จากการเก็บตัวอย่างภายนอกอาคารจากบ้านติดถนน (road side) ในเขตกรุงเทพมหานคร

สารประกอบ VOCs	Outdoor								
	สุขุมวิท	พระราม3	พหลโยธิน	พญาไท	ลาดพร้าว	จรัญฯ	เพชรเกษม	ศรีนครินทร์	รามอินทรา
Benzene	80.6	75.3	79.5	78.4	75.5	73.9	72.0	72.0	77.4
Toluene	227.4	212.7	223.1	201.9	212.3	211.3	207.7	215.7	211.2
Ethylbenzene	22.5	16.5	16.9	14.6	15.2	14.4	14.9	13.5	14.8
m-Xylene	29.6	28.0	28.5	25.2	24.8	25.7	24.5	22.3	26.9
p-Xylene	24.0	22.6	23.2	20.5	20.5	20.7	19.7	19.7	22.3
o-Xylene	22.2	20.2	21.0	17.5	17.5	18.6	17.3	16.0	20.1
3-Ethyltoluene	8.9	8.6	8.7	8.1	8.4	7.6	8.2	7.4	8.1
4-Ethyltoluene	8.0	7.5	7.7	7.0	7.3	6.8	6.4	6.6	7.7
1,3,5-Trimethylbenzene	3.9	4.2	4.1	4.6	4.3	nd	nd	3.7	4.7
Decane	2.1	2.3	2.3	2.8	nd	nd	nd	nd	2.7
1,2,4-Trimethylbenzene	11.3	11.2	11.2	nd	11.3	10.5	9.9	10.6	12.1
1,4-Dichlorobenzene	3.7	4.1	3.9	4.5	4.3	0.0	3.4	3.7	4.2
1,2,3-Trimethylbenzene	4.2	4.2	4.3	nd	4.2	3.8	3.1	3.8	4.3
Limonene	2.2	3.1	3.1	nd	nd	3.2	nd	2.7	nd
2-Ethyltoluene	0.0	0.0	0.0	1.2	nd	nd	nd	nd	nd

ตารางที่ ข-10.2 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยปริมาณ VOCs จากการเก็บตัวอย่างภายในอาคารจากบ้านติดถนน (road side) ในเขตกรุงเทพมหานคร

สารประกอบ VOCs	Indoor								
	สุขุมวิท	พระราม3	พหลโยธิน	พญาไท	ลาดพร้าว	จรัญฯ	เพชรเกษม	ศรีนครินทร์	รามอินทรา
Benzene	37.3	44.7	53.4	51.2	54.3	45.5	43.5	32.9	67.0
Toluene	93.5	173.6	183.3	136.7	158.4	160.4	129.4	111.5	172.1
Ethylbenzene	4.6	8.8	9.4	8.4	6.9	8.1	7.4	6.9	12.7
m-Xylene	12.2	19.2	19.9	17.5	17.5	17.5	17.9	12.7	23.1
p-Xylene	4.1	11.5	13.2	10.7	8.2	11.5	12.3	8.3	15.1
o-Xylene	7.7	10.2	10.9	9.4	8.9	10.0	8.2	8.0	14.5
3-Ethyltoluene	2.3	4.1	4.7	4.4	4.3	3.9	4.7	3.8	5.0
4-Ethyltoluene	2.4	4.0	4.1	3.6	3.7	3.2	3.9	3.4	3.7
1,3,5-Trimethylbenzene	1.2	2.4	2.2	2.2	2.0	nd	nd	2.1	2.9
Decane	0.9	1.4	1.2	1.4	nd	nd	nd	nd	1.5
1,2,4-Trimethylbenzene	3.5	6.0	6.0	0.0	6.1	5.7	5.7	6.3	8.1
1,4-Dichlorobenzene	1.1	2.5	2.4	2.3	2.0	0.0	1.8	1.8	2.9
1,2,3-Trimethylbenzene	1.2	2.3	2.7	nd	1.9	2.4	1.8	1.1	2.6
Limonene	nd	2.6	2.7	nd	nd	2.9	nd	0.9	nd
2-Ethyltoluene	nd	nd	nd	0.8	nd	nd	nd	nd	nd

ตารางที่ ข-10.3 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยปริมาณ VOCs จากการเก็บตัวอย่างที่บุคคลได้รับสัมผัสจากบ้านติดถนน (road side) ในเขตกรุงเทพมหานคร

สารประกอบ VOCs	Personal								
	สุขุมวิท	พระราม3	พหลโยธิน	พญาไท	ลาดพร้าว	จรัญฯ	เพชรเกษม	ศรีนครินทร์	รามอินทรา
Benzene	22.3	25.7	27.9	32.7	27.0	32.7	24.5	22.6	33.0
Toluene	49.1	84.8	89.5	71.4	68.0	75.9	69.1	59.3	104.4
Ethylbenzene	2.2	4.3	4.6	4.6	3.0	3.8	3.9	2.9	7.0
m-Xylene	6.1	9.5	10.6	12.1	9.9	9.0	8.7	5.8	13.5
p-Xylene	2.1	5.7	5.9	5.8	3.5	6.0	6.1	3.4	7.4
o-Xylene	3.1	4.7	5.1	4.6	3.6	5.1	4.1	3.0	7.2
3-Ethyltoluene	1.1	2.1	2.3	2.5	2.7	2.2	2.6	2.5	2.8
4-Ethyltoluene	1.3	2.0	2.3	2.5	1.6	1.8	2.1	2.5	2.1
1,3,5-Trimethylbenzene	0.7	1.2	1.2	1.2	0.9	nd	nd	1.0	1.4
Decane	0.6	0.8	1.1	1.5	nd	nd	nd	nd	0.7
1,2,4-Trimethylbenzene	1.6	2.9	3.0	nd	2.9	3.1	2.6	2.9	4.8
1,4-Dichlorobenzene	0.6	1.2	1.5	1.9	0.7	0.0	1.1	1.0	1.8
1,2,3-Trimethylbenzene	0.6	1.3	1.7	nd	0.6	1.8	1.1	0.6	1.6
Limonene	nd	2.4	2.6	nd	nd	2.9	nd	1.4	nd
2-Ethyltoluene	nd	nd	nd	0.4	nd	nd	nd	nd	nd

ตารางที่ ข-10.4 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยปริมาณ VOCs จากการเก็บตัวอย่างภายนอกอาคารจากบ้านในพื้นที่ทั่วไป (non-road side)ในเขตกรุงเทพมหานคร

สารประกอบ VOCs	Outdoor								
	สุขุมวิท	พระราม3	พหลโยธิน	พญาไท	ลาดพร้าว	จรัญฯ	เพชรเกษม	ศรีนครินทร์	รามอินทรา
Benzene	56.4	39.4	41.6	45.5	48.3	35.3	31.1	43.9	40.6
Toluene	164.3	137.9	120.9	145.6	146.5	111.3	114.7	147.8	140.0
Ethylbenzene	13.4	8.1	8.6	11.0	7.2	6.2	5.0	7.4	8.0
m-Xylene	24.6	13.7	13.2	13.1	15.3	16.3	8.3	13.7	15.4
p-Xylene	15.5	11.2	12.5	12.4	9.2	11.3	6.6	9.1	14.1
o-Xylene	16.7	8.5	9.8	8.4	7.8	8.2	4.6	6.7	10.9
3-Ethyltoluene	2.9	4.0	3.1	1.9	2.9	nd	3.4	2.8	2.9
4-Ethyltoluene	2.8	2.3	2.9	1.7	3.0	nd	nd	3.3	2.5
1,3,5-Trimethylbenzene	0.3	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Decane	2.5	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
1,2,4-Trimethylbenzene	4.2	5.4	5.5	nd	6.5	nd	nd	6.3	6.6
1,4-Dichlorobenzene	2.1	nd	nd	0.4	nd	nd	nd	nd	nd
1,2,3-Trimethylbenzene	3.5	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Limonene	3.7	3.8	4.1	3.0	3.5	4.0	4.9	4.7	3.4
2-Ethyltoluene	nd	nd	nd	1.1	nd	nd	nd	nd	nd

ตารางที่ ข-10.5 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยปริมาณ VOCs จากการเก็บตัวอย่างภายในอาคารจากบ้านในพื้นที่ทั่วไป (non-road side)ในเขตกรุงเทพมหานคร

สารประกอบ VOCs	Indoor								
	สุขุมวิท	พระราม3	พหลโยธิน	พญาไท	ลาดพร้าว	จรัญฯ	เพชรเกษม	ศรีนครินทร์	รามอินทรา
Benzene	27.7	19.9	29.5	23.5	29.7	24.1	23.8	29.5	25.1
Toluene	93.8	102.0	76.6	132.0	104.3	75.2	114.1	115.2	105.8
Ethylbenzene	5.1	3.2	5.4	7.1	3.0	3.7	3.4	3.9	3.7
m-Xylene	16.1	7.4	8.8	7.5	7.1	12.4	7.1	6.8	12.1
p-Xylene	9.6	5.5	6.4	7.2	3.6	6.1	5.1	5.4	9.9
o-Xylene	13.8	3.5	4.9	4.4	3.1	3.8	3.2	4.5	5.8
3-Ethyltoluene	1.7	nd	2.0	2.3	nd	nd	nd	1.7	1.7
4-Ethyltoluene	1.8	nd	nd	0.7	nd	nd	nd	1.7	nd
1,3,5-Trimethylbenzene	0.1	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Decane	1.5	nd	nd	0.4	nd	nd	nd	nd	nd
1,2,4-Trimethylbenzene	2.7	2.7	2.7	nd	3.0	nd	nd	3.2	3.3
1,4-Dichlorobenzene	3.1	nd	nd	0.2	nd	nd	nd	nd	nd
1,2,3-Trimethylbenzene	3.1	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Limonene	3.1	2.1	2.6	2.4	2.7	3.4	3.9	3.2	2.6
2-Ethyltoluene	nd	nd	nd	0.3	nd	nd	nd	nd	nd

ตารางที่ ข-10.6 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยปริมาณ VOCs จากการเก็บตัวอย่างที่บุคคลได้รับสัมผัสจากบ้านในพื้นที่ทั่วไป (non-road side)ในเขตกรุงเทพมหานคร

สารประกอบ VOCs	Personal								
	สุขุมวิท	พระราม3	พหลโยธิน	พญาไท	ลาดพร้าว	จรัญฯ	เพชรเกษม	ศรีนครินทร์	รามอินทรา
Benzene	17.0	16.1	25.0	18.4	19.8	19.5	17.7	19.4	17.1
Toluene	49.3	71.1	59.1	61.8	60.0	62.0	60.0	56.6	61.8
Ethylbenzene	2.3	2.2	3.8	4.0	1.3	2.1	2.6	2.6	2.5
m-Xylene	10.8	3.3	5.6	4.1	3.6	8.7	5.1	4.1	6.0
p-Xylene	9.3	2.3	4.7	3.1	1.7	3.7	3.0	3.1	6.0
o-Xylene	13.8	1.9	3.1	2.4	1.4	2.2	2.3	3.0	3.2
3-Ethyltoluene	0.9	nd	1.7	0.7	nd	nd	nd	1.1	1.2
4-Ethyltoluene	1.1	nd	nd	0.1	nd	nd	nd	1.1	0.0
1,3,5-Trimethylbenzene	nd	nd	nd	0.0	nd	nd	nd	nd	0.0
Decane	1.3	nd	nd	0.2	nd	nd	nd	nd	0.0
1,2,4-Trimethylbenzene	2.1	1.4	1.8	0.0	1.8	nd	nd	2.4	2.3
1,4-Dichlorobenzene	1.1	nd	nd	0.1	nd	nd	nd	nd	0.0
1,2,3-Trimethylbenzene	1.7	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0.0
Limonene	4.0	2.7	3.3	1.6	2.8	3.7	4.4	3.7	3.4
2-Ethyltoluene	nd	nd	nd	0.1	nd	nd	nd	nd	nd

ภาคผนวก ค

ตัวอย่างผลการวิเคราะห์ทางสถิติ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ค

ตัวอย่างผลการวิเคราะห์ทางสถิติ

ตารางที่ ค-1 รายละเอียดปริมาณ Benzene ภายนอกอาคารในแต่ละพื้นที่ศึกษา road side ทั้งหมด 9 พื้นที่

Descriptives

			N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
							Lower Bound	Upper Bound		
Benzene-outdoor1	site	SK1	7	80.729	2.923	1.105	78.025	83.432	75.6	83.8
		PR1	7	75.286	3.321	1.255	72.214	78.357	70.8	79.9
		PT1	7	79.471	2.975	1.124	76.720	82.223	76.4	83.4
		PY1	7	78.429	3.128	1.182	75.535	81.322	74.9	82.8
		LP1	7	75.514	3.035	1.147	72.707	78.321	71.8	79.9
		JW1	7	73.857	1.599	.604	72.378	75.336	72.2	76.7
		PK1	7	71.957	.685	.259	71.323	72.591	70.7	73.0
		SR1	7	72.000	3.487	1.318	68.775	75.225	67.2	76.2
		RT1	7	77.386	2.804	1.060	74.793	79.979	73.9	82.6
		Total	63	76.070	3.980	.501	75.068	77.072	67.2	83.8

ตารางที่ ค-2 Test of Homogeneity of Variances ปริมาณ Benzene ภายนอกอาคารในแต่ละพื้นที่ศึกษา road side ทั้งหมด 9 พื้นที่

Test of Homogeneity of Variances

	Levene Statistic	df1	df2	Sig.
Benzene-outdoor1	2.411	8	54	.026

ตารางที่ ค-3 ANOVA ของปริมาณ Benzene ภายนอกอาคารในแต่ละพื้นที่ศึกษา road side ทั้งหมด 9 พื้นที่

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Benzene-outdoor1	Between Groups	559.070	8	69.884	8.925	.000
	Within Groups	422.803	54	7.830		
	Total	981.873	62			

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ค-4 รายละเอียดปริมาณ Benzene ภายในอาคารในแต่ละพื้นที่ศึกษา road side ทั้งหมด 9 พื้นที่

Descriptives

			N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
							Lower Bound	Upper Bound		
Benzene-indoor1	site	SK1	7	37.257	4.597	1.737	33.006	41.508	31.2	41.7
		PR1	7	44.643	2.588	.978	42.249	47.037	41.4	47.8
		PT1	7	53.400	3.028	1.144	50.600	56.200	48.7	58.3
		PY1	7	51.257	.725	.274	50.586	51.928	49.7	51.8
		LP1	7	54.257	2.431	.919	52.009	56.505	50.1	56.4
		JW1	7	45.514	2.512	.950	43.191	47.838	41.7	49.0
		PK1	7	43.486	3.170	1.198	40.554	46.418	40.2	47.6
		SR1	7	32.929	4.290	1.621	28.961	36.896	24.4	36.8
		RT1	7	67.014	2.212	.836	64.969	69.060	63.7	69.9
		Total	63	47.751	10.033	1.264	45.224	50.277	24.4	69.9

ตารางที่ ค-5 Test of Homogeneity of Variances ปริมาณ Benzene ภายในอาคารในแต่ละพื้นที่ศึกษา road side ทั้งหมด 9 พื้นที่

Test of Homogeneity of Variances

	Levene Statistic	df1	df2	Sig.
Benzene-indoor1	2.611	8	54	.017

ตารางที่ ค-6 ANOVA ของปริมาณ Benzene ภายในอาคารในแต่ละพื้นที่ศึกษา road side ทั้งหมด 9 พื้นที่

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Benzene-indoor1	Between Groups	5742.029	8	717.754	77.746	.000
	Within Groups	498.529	54	9.232		
	Total	6240.557	62			

ตารางที่ ค-7 รายละเอียดปริมาณ Benzene ที่บุคคลได้รับสัมผัสในแต่ละพื้นที่ศึกษา road side ทั้งหมด 9 พื้นที่

Descriptives

			N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
							Lower Bound	Upper Bound		
Benzene-personal1	site	SK1	7	22.329	1.791	.677	20.672	23.985	20.0	25.7
		PR1	7	25.743	1.193	.451	24.640	26.846	23.5	26.9
		PT1	7	27.900	1.762	.666	26.271	29.529	24.7	29.7
		PY1	7	32.657	1.497	.566	31.273	34.041	30.0	34.4
		LP1	7	26.957	1.829	.691	25.265	28.649	24.6	29.6
		JW1	7	32.743	1.147	.434	31.682	33.804	31.7	34.9
		PK1	7	24.529	2.483	.939	22.232	26.825	20.3	27.5
		SR1	7	22.614	1.836	.694	20.916	24.312	20.4	24.8
		RT1	7	33.029	2.011	.760	31.168	34.889	30.4	36.5
		Total	63	27.611	4.403	.555	26.502	28.720	20.0	36.5

ตารางที่ ค-8 Test of Homogeneity of Variances ปริมาณ Benzene ที่บุคคลได้รับสัมผัสในแต่ละพื้นที่ศึกษา ทั้งหมด 9 พื้นที่

Test of Homogeneity of Variances

	Levene Statistic	df1	df2	Sig.
Benzene-personal1	.813	8	54	.594

ตารางที่ ค-9 ANOVA ของปริมาณ Benzene ที่ได้รับสัมผัสสารในแต่ละพื้นที่ศึกษา ทั้งหมด 9 พื้นที่

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Benzene-personal1	Between Groups	1032.662	8	129.083	41.167	.000
	Within Groups	169.320	54	3.136		
	Total	1201.982	62			

ตารางที่ ค-10 รายละเอียดปริมาณ Benzene ภายนอกอาคารในแต่ละพื้นที่ศึกษา non - road side ทั้งหมด 9 พื้นที่

Descriptives

			N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
							Lower Bound	Upper Bound		
Benzene-outdoor2	site	SK2	7	56.357	5.458	2.063	51.309	61.405	46.0	62.9
		PR2	7	39.443	5.334	2.016	34.510	44.376	31.5	45.8
		PT2	7	41.600	3.182	1.203	38.657	44.543	36.3	46.4
		PY2	7	45.529	6.278	2.373	39.722	51.335	38.3	53.2
		LP2	7	48.257	2.783	1.052	45.684	50.831	44.8	51.8
		JW2	7	35.329	2.508	.948	33.009	37.648	32.2	39.2
		PK2	7	31.143	2.038	.770	29.258	33.028	27.8	33.4
		SR2	7	43.943	2.042	.772	42.054	45.831	40.1	46.1
		RT2	7	40.557	3.727	1.409	37.110	44.004	35.9	45.8
		Total	63	42.462	7.910	.997	40.470	44.454	27.8	62.9

ตารางที่ ค-11 Test of Homogeneity of Variances ปริมาณ Benzene ภายนอกอาคารในแต่ละพื้นที่ศึกษา ทั้งหมด 9 พื้นที่

Test of Homogeneity of Variances

	Levene Statistic	df1	df2	Sig.
Benzene-outdoor2	3.168	8	54	.005

ตารางที่ ค-12 ANOVA ของปริมาณ Benzeneภายนอกอาคารในแต่ละพื้นที่ศึกษา ทั้งหมด 9 พื้นที่

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Benzene-outdoor2	Between Groups	3015.257	8	376.907	23.552	.000
	Within Groups	864.171	54	16.003		
	Total	3879.429	62			

ตารางที่ ค-13 รายละเอียดปริมาณ Benzene ภายในอาคารในแต่ละพื้นที่ศึกษา road side ทั้งหมด 9 พื้นที่

Descriptives

			N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
							Lower Bound	Upper Bound		
Benzene-indoor2	site	SK2	7	27.729	3.336	1.261	24.643	30.814	21.0	31.9
		PR2	7	19.929	1.310	.495	18.717	21.140	17.9	21.3
		PT2	7	29.514	2.838	1.073	26.890	32.139	24.6	33.6
		PY2	7	23.543	2.648	1.001	21.094	25.991	20.5	28.4
		LP2	7	29.700	2.263	.856	27.607	31.793	26.7	33.5
		JW2	7	24.100	1.936	.732	22.309	25.891	20.8	26.3
		PK2	7	23.771	2.462	.930	21.495	26.048	20.1	26.7
		SR2	7	29.471	2.886	1.091	26.802	32.141	24.9	32.6
		RT2	7	25.129	1.585	.599	23.663	26.594	22.6	27.2
		Total	63	25.876	3.964	.499	24.878	26.875	17.9	33.6

ตารางที่ ค-14 Test of Homogeneity of Variances ปริมาณ Benzene ภายในอาคารในแต่ละพื้นที่ศึกษาทั้งหมด 9 พื้นที่

Test of Homogeneity of Variances

	Levene Statistic	df1	df2	Sig.
Benzene-indoor2	.474	8	54	.869

ตารางที่ ค-15 ANOVA ของปริมาณ Benzeneภายในอาคารในแต่ละพื้นที่ศึกษา ทั้งหมด 9 พื้นที่

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Benzene-indoor2	Between Groups	652.237	8	81.530	13.669	.000
	Within Groups	322.097	54	5.965		
	Total	974.334	62			

ตารางที่ ค-16 รายละเอียดปริมาณ Benzene ที่บุคคลได้รับสัมผัสในแต่ละพื้นที่ศึกษา non - road side ทั้งหมด 9 พื้นที่

Descriptives

			N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
							Lower Bound	Upper Bound		
Benzene-personal2	site	SK2	7	16.971	2.263	.855	14.878	19.065	14.6	21.1
		PR2	7	16.086	.875	.331	15.277	16.894	14.5	17.1
		PT2	7	25.029	2.252	.851	22.946	27.111	22.7	28.1
		PY2	7	18.429	2.246	.849	16.352	20.505	16.7	22.9
		LP2	7	19.814	2.050	.775	17.919	21.710	16.9	23.1
		JW2	7	19.514	1.469	.555	18.156	20.873	17.1	21.4
		PK2	7	17.714	.994	.376	16.795	18.634	16.5	19.2
		SR2	7	19.414	2.850	1.077	16.779	22.050	15.9	23.6
		RT2	7	17.143	1.736	.656	15.538	18.748	14.7	19.6
		Total	63	18.902	3.097	.390	18.122	19.682	14.5	28.1

ตารางที่ ค-17 Test of Homogeneity of Variances ปริมาณ Benzene ที่บุคคลได้รับสัมผัสในแต่ละพื้นที่ศึกษา ทั้งหมด 9 พื้นที่

Test of Homogeneity of Variances

	Levene Statistic	df1	df2	Sig.
Benzene-personal2	1.965	8	54	.069

ตารางที่ ค-18 ANOVA ของปริมาณ Benzeneที่บุคคลได้รับสัมผัสในแต่ละพื้นที่ศึกษา ทั้งหมด 9 พื้นที่

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Benzene-personal2	Between Groups	387.747	8	48.468	12.650	.000
	Within Groups	206.903	54	3.832		
	Total	594.650	62			

ตารางที่ ค-19 การเปรียบเทียบปริมาณ Benzene ในแต่ละพื้นที่ศึกษา ทั้งหมด 9 พื้นที่

Multiple Comparisons

Dependent Variable: Benzene-outdoor1

	(I) site	(J) site	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval Lower Bound	95% Confidence Interval Upper Bound
Dunnett T3	SK1	PR1	5.443	1.496	.156	-1.164	12.050
		PT1	1.257	1.496	1.000	-4.971	7.485
		PY1	2.300	1.496	.980	-4.093	8.693
		LP1	5.214	1.496	.151	-1.078	11.507
		JW1	6.871*	1.496	.010	1.546	12.197
		PK1	8.771*	1.496	.003	3.590	13.953
		SR1	8.729*	1.496	.008	1.934	15.523
		RT1	3.343	1.496	.652	-2.706	9.391
	PR1	SK1	-5.443	1.496	.156	-12.050	1.164
		PT1	-4.186	1.496	.469	-10.844	2.472
		PY1	-3.143	1.496	.858	-9.956	3.670
		LP1	-.229	1.496	1.000	-6.947	6.490
		JW1	1.429	1.496	.999	-4.463	7.321
		PK1	3.329	1.496	.448	-2.524	9.181
		SR1	3.286	1.496	.867	-3.905	10.476
		RT1	-2.100	1.496	.994	-8.590	4.390
	PT1	SK1	-1.257	1.496	1.000	-7.485	4.971
		PR1	4.186	1.496	.469	-2.472	10.844
		PY1	1.043	1.496	1.000	-5.403	7.489
		LP1	3.957	1.496	.481	-2.389	10.303
		JW1	5.614*	1.496	.040	.216	11.012
		PK1	7.514*	1.496	.007	2.246	12.782
		SR1	7.471*	1.496	.027	.628	14.315
		RT1	2.086	1.496	.988	-4.018	8.190
	PY1	SK1	-2.300	1.496	.980	-8.693	4.093
		PR1	3.143	1.496	.858	-3.670	9.956
		PT1	-1.043	1.496	1.000	-7.489	5.403
		LP1	2.914	1.496	.883	-3.594	9.423
		JW1	4.571	1.496	.146	-1.044	10.187
		PK1	6.471*	1.496	.022	.945	11.998
		SR1	6.429	1.496	.085	-.566	13.423
		RT1	1.043	1.496	1.000	-5.230	7.316
	LP1	SK1	-5.214	1.496	.151	-11.507	1.078
		PR1	.229	1.496	1.000	-6.490	6.947
		PT1	-3.957	1.496	.481	-10.303	2.389
		PY1	-2.914	1.496	.883	-9.423	3.594
		JW1	1.657	1.496	.990	-3.826	7.140
		PK1	3.557	1.496	.285	-1.812	8.927
		SR1	3.514	1.496	.757	-3.388	10.417
		RT1	-1.871	1.496	.997	-8.041	4.298
	JW1	SK1	-6.871*	1.496	.010	-12.197	-1.546
		PR1	-1.429	1.496	.999	-7.321	4.463
		PT1	-5.614*	1.496	.040	-11.012	-.216
		PY1	-4.571	1.496	.146	-10.187	1.044
		LP1	-1.657	1.496	.990	-7.140	3.826
		PK1	1.900	1.496	.314	-.976	4.776
		SR1	1.857	1.496	.989	-4.484	8.198
		RT1	-3.529	1.496	.289	-8.550	1.493
	PK1	SK1	-8.771*	1.496	.003	-13.953	-3.590
		PR1	-3.329	1.496	.448	-9.181	2.524
		PT1	-7.514*	1.496	.007	-12.782	-2.246
		PY1	-6.471*	1.496	.022	-11.998	-.945
		LP1	-3.557	1.496	.285	-8.927	1.812
		JW1	-1.900	1.496	.314	-4.776	.976
		SR1	-4.286E-02	1.496	1.000	-6.534	6.448
		RT1	-5.429*	1.496	.032	-10.410	-.447
	SR1	SK1	-8.729*	1.496	.008	-15.523	-1.934
		PR1	-3.286	1.496	.867	-10.476	3.905
		PT1	-7.471*	1.496	.027	-14.315	-.628
		PY1	-6.429	1.496	.085	-13.423	.566
		LP1	-3.514	1.496	.757	-10.417	3.388
		JW1	-1.857	1.496	.989	-8.198	4.484
		PK1	4.286E-02	1.496	1.000	-6.448	6.534
		RT1	-5.386	1.496	.183	-12.193	1.422
	RT1	SK1	-3.343	1.496	.652	-9.391	2.706
		PR1	2.100	1.496	.994	-4.390	8.590
		PT1	-2.086	1.496	.988	-8.190	4.018
		PY1	-1.043	1.496	1.000	-7.316	5.230
		LP1	1.871	1.496	.997	-4.298	8.041
		JW1	3.529	1.496	.289	-1.493	8.550
		PK1	5.429*	1.496	.032	.447	10.410
		SR1	5.386	1.496	.183	-1.422	12.193
Dunnett (2-sided)[a]	SK1	RT1	3.343	1.496	.157	-.758	7.444
	PR1	RT1	-2.100	1.496	.616	-6.201	2.001
	PT1	RT1	2.086	1.496	.623	-2.015	6.186
	PY1	RT1	1.043	1.496	.982	-3.058	5.144
	LP1	RT1	-1.871	1.496	.727	-5.972	2.229
	JW1	RT1	-3.529	1.496	.121	-7.629	.572
	PK1	RT1	-5.429*	1.496	.004	-9.529	-1.328
	SR1	RT1	-5.386*	1.496	.005	-9.486	-1.285

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

a. Dunnett t-tests treat one group as a control, and compare all other groups against it.

Multiple Comparisons

Dependent Variable: Benzene-indoor1

	(I) site	(J) site	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval Lower Bound	95% Confidence Interval Upper Bound
Dunnett T3	SK1	PR1	-7.386	1.624	.102	-15.818	1.046
		PT1	-16.143*	1.624	.000	-24.706	-7.580
		PY1	-14.000*	1.624	.004	-22.501	-5.499
		LP1	-17.000*	1.624	.000	-25.312	-8.688
		JW1	-8.257	1.624	.054	-16.630	.116
		PK1	-6.229	1.624	.257	-14.724	2.267
		SR1	4.329	1.624	.859	-5.060	13.717
		RT1	-29.757*	1.624	.000	-37.911	-21.604
	PR1	SK1	7.386	1.624	.102	-1.046	15.818
		PT1	-8.757*	1.624	.002	-14.705	-2.809
		PY1	-6.614*	1.624	.007	-11.253	-1.975
		LP1	-9.614*	1.624	.000	-14.917	-4.312
		JW1	-.871	1.624	1.000	-6.258	4.515
		PK1	1.157	1.624	1.000	-4.954	7.269
		SR1	11.714*	1.624	.003	3.920	19.509
		RT1	-22.371*	1.624	.000	-27.455	-17.288
	PT1	SK1	16.143*	1.624	.000	7.580	24.706
		PR1	8.757*	1.624	.002	2.809	14.705
		PY1	2.143	1.624	.837	-3.230	7.516
		LP1	-.857	1.624	1.000	-6.765	5.050
		JW1	7.886*	1.624	.005	2.011	13.760
		PK1	9.914*	1.624	.002	3.368	16.460
		SR1	20.471*	1.624	.000	12.483	28.460
		RT1	-13.614*	1.624	.000	-19.319	-7.910
	PY1	SK1	14.000*	1.624	.004	5.499	22.501
		PR1	6.614*	1.624	.007	1.975	11.253
		PT1	-2.143	1.624	.837	-7.516	3.230
		LP1	-3.000	1.624	.253	-7.378	1.378
		JW1	5.743*	1.624	.014	1.230	10.256
		PK1	7.771*	1.624	.008	2.159	13.384
		SR1	18.329*	1.624	.001	10.381	26.276
		RT1	-15.757*	1.624	.000	-19.774	-11.740
	LP1	SK1	17.000*	1.624	.000	8.688	25.312
		PR1	9.614*	1.624	.000	4.312	14.917
		PT1	.857	1.624	1.000	-5.050	6.765
		PY1	3.000	1.624	.253	-1.378	7.378
		JW1	8.743*	1.624	.001	3.523	13.963
		PK1	10.771*	1.624	.001	4.693	16.850
		SR1	21.329*	1.624	.000	13.447	29.210
		RT1	-12.757*	1.624	.000	-17.665	-7.850
	JW1	SK1	8.257	1.624	.054	-.116	16.630
		PR1	.871	1.624	1.000	-4.515	6.258
		PT1	-7.886*	1.624	.005	-13.760	-2.011
		PY1	-5.743*	1.624	.014	-10.256	-1.230
		LP1	-8.743*	1.624	.001	-13.963	-3.523
		PK1	2.029	1.624	.989	-4.126	8.183
		SR1	12.586*	1.624	.002	4.852	20.320
		RT1	-21.500*	1.624	.000	-26.498	-16.502
	PK1	SK1	6.229	1.624	.257	-2.267	14.724
		PR1	-1.157	1.624	1.000	-7.269	4.954
		PT1	-9.914*	1.624	.002	-16.460	-3.368
		PY1	-7.771*	1.624	.008	-13.384	-2.159
		LP1	-10.771*	1.624	.001	-16.850	-4.693
		JW1	-2.029	1.624	.989	-8.183	4.126
		SR1	10.557*	1.624	.008	2.441	18.673
		RT1	-23.529*	1.624	.000	-29.410	-17.647
	SR1	SK1	-4.329	1.624	.859	-13.717	5.060
		PR1	-11.714*	1.624	.003	-19.509	-3.920
		PT1	-20.471*	1.624	.000	-28.460	-12.483
		PY1	-18.329*	1.624	.001	-26.276	-10.381
		LP1	-21.329*	1.624	.000	-29.210	-13.447
		JW1	-12.586*	1.624	.002	-20.320	-4.852
		PK1	-10.557*	1.624	.008	-18.673	-2.441
		RT1	-34.086*	1.624	.000	-41.800	-26.371
	RT1	SK1	29.757*	1.624	.000	21.604	37.911
		PR1	22.371*	1.624	.000	17.288	27.455
		PT1	13.614*	1.624	.000	7.910	19.319
		PY1	15.757*	1.624	.000	11.740	19.774
		LP1	12.757*	1.624	.000	7.850	17.665
		JW1	21.500*	1.624	.000	16.502	26.498
		PK1	23.529*	1.624	.000	17.647	29.410
		SR1	34.086*	1.624	.000	26.371	41.800
Dunnett (2-sided)[a]	SK1	RT1	-29.757*	1.624	.000	-34.210	-25.304
	PR1	RT1	-22.371*	1.624	.000	-26.824	-17.919
	PT1	RT1	-13.614*	1.624	.000	-18.067	-9.161
	PY1	RT1	-15.757*	1.624	.000	-20.210	-11.304
	LP1	RT1	-12.757*	1.624	.000	-17.210	-8.304
	JW1	RT1	-21.500*	1.624	.000	-25.953	-17.047
	PK1	RT1	-23.529*	1.624	.000	-27.981	-19.076
	SR1	RT1	-34.086*	1.624	.000	-38.539	-29.633

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

a. Dunnett t-tests treat one group as a control, and compare all other groups against it.

ตารางที่ ค-19 (ต่อ) การเปรียบเทียบปริมาณ Benzene ในแต่ละพื้นที่ศึกษา ทั้งหมด 9 พื้นที่

Multiple Comparisons

Dependent Variable: Benzene-indoor1

	(I) site	(J) site	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval Lower Bound	95% Confidence Interval Upper Bound
Dunnett T3	SK1	PR1	-7.386	1.624	.102	-15.818	1.046
		PT1	-16.143*	1.624	.000	-24.706	-7.580
		PY1	-14.000*	1.624	.004	-22.501	-5.499
		LP1	-17.000*	1.624	.000	-25.312	-8.688
		JW1	-8.257	1.624	.054	-16.630	.116
		PK1	-6.229	1.624	.257	-14.724	2.267
		SR1	4.329	1.624	.859	-5.060	13.717
		RT1	-29.757*	1.624	.000	-37.911	-21.604
	PR1	SK1	7.386	1.624	.102	-1.046	15.818
		PT1	-8.757*	1.624	.002	-14.705	-2.809
		PY1	-6.614*	1.624	.007	-11.253	-1.975
		LP1	-9.614*	1.624	.000	-14.917	-4.312
		JW1	-.871	1.624	1.000	-6.258	4.515
		PK1	1.157	1.624	1.000	-4.954	7.269
		SR1	11.714*	1.624	.003	3.920	19.509
		RT1	-22.371*	1.624	.000	-27.455	-17.288
	PT1	SK1	16.143*	1.624	.000	7.580	24.706
		PR1	8.757*	1.624	.002	2.809	14.705
		PY1	2.143	1.624	.837	-3.230	7.516
		LP1	-.857	1.624	1.000	-6.765	5.050
		JW1	7.886*	1.624	.005	2.011	13.760
		PK1	9.914*	1.624	.002	3.368	16.460
		SR1	20.471*	1.624	.000	12.483	28.460
		RT1	-13.614*	1.624	.000	-19.319	-7.910
	PY1	SK1	14.000*	1.624	.004	5.499	22.501
		PR1	6.614*	1.624	.007	1.975	11.253
		PT1	-2.143	1.624	.837	-7.516	3.230
		LP1	-3.000	1.624	.253	-7.378	1.378
		JW1	5.743*	1.624	.014	1.230	10.256
		PK1	7.771*	1.624	.008	2.159	13.384
		SR1	18.329*	1.624	.001	10.381	26.276
		RT1	-15.757*	1.624	.000	-19.774	-11.740
	LP1	SK1	17.000*	1.624	.000	8.688	25.312
		PR1	9.614*	1.624	.000	4.312	14.917
		PT1	.857	1.624	1.000	-5.050	6.765
		PY1	3.000	1.624	.253	-1.378	7.378
		JW1	8.743*	1.624	.001	3.523	13.963
		PK1	10.771*	1.624	.001	4.693	16.850
		SR1	21.329*	1.624	.000	13.447	29.210
		RT1	-12.757*	1.624	.000	-17.665	-7.850
	JW1	SK1	8.257	1.624	.054	-.116	16.630
		PR1	.871	1.624	1.000	-4.515	6.258
		PT1	-7.886*	1.624	.005	-13.760	-2.011
		PY1	-5.743*	1.624	.014	-10.256	-1.230
		LP1	-8.743*	1.624	.001	-13.963	-3.523
		PK1	2.029	1.624	.989	-4.126	8.183
		SR1	12.586*	1.624	.002	4.852	20.320
		RT1	-21.500*	1.624	.000	-26.498	-16.502
	PK1	SK1	6.229	1.624	.257	-2.267	14.724
		PR1	-1.157	1.624	1.000	-7.269	4.954
		PT1	-9.914*	1.624	.002	-16.460	-3.368
		PY1	-7.771*	1.624	.008	-13.384	-2.159
		LP1	-10.771*	1.624	.001	-16.850	-4.693
		JW1	-2.029	1.624	.989	-8.183	4.126
		SR1	10.557*	1.624	.008	2.441	18.673
		RT1	-23.529*	1.624	.000	-29.410	-17.647
	SR1	SK1	-4.329	1.624	.859	-13.717	5.060
		PR1	-11.714*	1.624	.003	-19.509	-3.920
		PT1	-20.471*	1.624	.000	-28.460	-12.483
		PY1	-18.329*	1.624	.001	-26.276	-10.381
		LP1	-21.329*	1.624	.000	-29.210	-13.447
		JW1	-12.586*	1.624	.002	-20.320	-4.852
		PK1	-10.557*	1.624	.008	-18.673	-2.441
		RT1	-34.086*	1.624	.000	-41.800	-26.371
	RT1	SK1	29.757*	1.624	.000	21.604	37.911
		PR1	22.371*	1.624	.000	17.288	27.455
		PT1	13.614*	1.624	.000	7.910	19.319
		PY1	15.757*	1.624	.000	11.740	19.774
		LP1	12.757*	1.624	.000	7.850	17.665
		JW1	21.500*	1.624	.000	16.502	26.498
		PK1	23.529*	1.624	.000	17.647	29.410
		SR1	34.086*	1.624	.000	26.371	41.800
Dunnett (2-sided)[a]	SK1	RT1	-29.757*	1.624	.000	-34.210	-25.304
	PR1	RT1	-22.371*	1.624	.000	-26.824	-17.919
	PT1	RT1	-13.614*	1.624	.000	-18.067	-9.161
	PY1	RT1	-15.757*	1.624	.000	-20.210	-11.304
	LP1	RT1	-12.757*	1.624	.000	-17.210	-8.304
	JW1	RT1	-21.500*	1.624	.000	-25.953	-17.047
	PK1	RT1	-23.529*	1.624	.000	-27.981	-19.076
	SR1	RT1	-34.086*	1.624	.000	-38.539	-29.633

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

a. Dunnett t-tests treat one group as a control, and compare all other groups against it.

Multiple Comparisons

Dependent Variable: Benzene-indoor1

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

a. Dunnett t-tests treat one group as a control, and compare all other groups against it.

ตารางที่ ค-19 (ต่อ) การเปรียบเทียบปริมาณ Benzene ในแต่ละพื้นที่ศึกษา ทั้งหมด 9 พื้นที่

Multiple Comparisons

Dependent Variable: Benzene-indoor1

	(I) site	(J) site	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval Lower Bound	95% Confidence Interval Upper Bound
Dunnett T3	SK1	PR1	-7.386	1.624	.102	-15.818	1.046
		PT1	-16.143*	1.624	.000	-24.706	-7.580
		PY1	-14.000*	1.624	.004	-22.501	-5.499
		LP1	-17.000*	1.624	.000	-25.312	-8.688
		JW1	-8.257	1.624	.054	-16.630	.116
		PK1	-6.229	1.624	.257	-14.724	2.267
		SR1	4.329	1.624	.859	-5.060	13.717
		RT1	-29.757*	1.624	.000	-37.911	-21.604
	PR1	SK1	7.386	1.624	.102	-1.046	15.818
		PT1	-8.757*	1.624	.002	-14.705	-2.809
		PY1	-6.614*	1.624	.007	-11.253	-1.975
		LP1	-9.614*	1.624	.000	-14.917	-4.312
		JW1	-.871	1.624	1.000	-6.258	4.515
		PK1	1.157	1.624	1.000	-4.954	7.269
		SR1	11.714*	1.624	.003	3.920	19.509
		RT1	-22.371*	1.624	.000	-27.455	-17.288
	PT1	SK1	16.143*	1.624	.000	7.580	24.706
		PR1	8.757*	1.624	.002	2.809	14.705
		PY1	2.143	1.624	.837	-3.230	7.516
		LP1	-.857	1.624	1.000	-6.765	5.050
		JW1	7.886*	1.624	.005	2.011	13.760
		PK1	9.914*	1.624	.002	3.368	16.460
		SR1	20.471*	1.624	.000	12.483	28.460
		RT1	-13.614*	1.624	.000	-19.319	-7.910
	PY1	SK1	14.000*	1.624	.004	5.499	22.501
		PR1	6.614*	1.624	.007	1.975	11.253
		PT1	-2.143	1.624	.837	-7.516	3.230
		LP1	-3.000	1.624	.253	-7.378	1.378
		JW1	5.743*	1.624	.014	1.230	10.256
		PK1	7.771*	1.624	.008	2.159	13.384
		SR1	18.329*	1.624	.001	10.381	26.276
		RT1	-15.757*	1.624	.000	-19.774	-11.740
	LP1	SK1	17.000*	1.624	.000	8.688	25.312
		PR1	9.614*	1.624	.000	4.312	14.917
		PT1	.857	1.624	1.000	-5.050	6.765
		PY1	3.000	1.624	.253	-1.378	7.378
		JW1	8.743*	1.624	.001	3.523	13.963
		PK1	10.771*	1.624	.001	4.693	16.850
		SR1	21.329*	1.624	.000	13.447	29.210
		RT1	-12.757*	1.624	.000	-17.665	-7.850
	JW1	SK1	8.257	1.624	.054	-.116	16.630
		PR1	.871	1.624	1.000	-4.515	6.258
		PT1	-7.886*	1.624	.005	-13.760	-2.011
		PY1	-5.743*	1.624	.014	-10.256	-1.230
		LP1	-8.743*	1.624	.001	-13.963	-3.523
		PK1	2.029	1.624	.989	-4.126	8.183
		SR1	12.586*	1.624	.002	4.852	20.320
		RT1	-21.500*	1.624	.000	-26.498	-16.502
	PK1	SK1	6.229	1.624	.257	-2.267	14.724
		PR1	-1.157	1.624	1.000	-7.269	4.954
		PT1	-9.914*	1.624	.002	-16.460	-3.368
		PY1	-7.771*	1.624	.008	-13.384	-2.159
		LP1	-10.771*	1.624	.001	-16.850	-4.693
		JW1	-2.029	1.624	.989	-8.183	4.126
		SR1	10.557*	1.624	.008	2.441	18.673
		RT1	-23.529*	1.624	.000	-29.410	-17.647
	SR1	SK1	-4.329	1.624	.859	-13.717	5.060
		PR1	-11.714*	1.624	.003	-19.509	-3.920
		PT1	-20.471*	1.624	.000	-28.460	-12.483
		PY1	-18.329*	1.624	.001	-26.276	-10.381
		LP1	-21.329*	1.624	.000	-29.210	-13.447
		JW1	-12.586*	1.624	.002	-20.320	-4.852
		PK1	-10.557*	1.624	.008	-18.673	-2.441
		RT1	-34.086*	1.624	.000	-41.800	-26.371
	RT1	SK1	29.757*	1.624	.000	21.604	37.911
		PR1	22.371*	1.624	.000	17.288	27.455
		PT1	13.614*	1.624	.000	7.910	19.319
		PY1	15.757*	1.624	.000	11.740	19.774
		LP1	12.757*	1.624	.000	7.850	17.665
		JW1	21.500*	1.624	.000	16.502	26.498
		PK1	23.529*	1.624	.000	17.647	29.410
		SR1	34.086*	1.624	.000	26.371	41.800
Dunnett (2-sided)[a]	SK1	RT1	-29.757*	1.624	.000	-34.210	-25.304
	PR1	RT1	-22.371*	1.624	.000	-26.824	-17.919
	PT1	RT1	-13.614*	1.624	.000	-18.067	-9.161
	PY1	RT1	-15.757*	1.624	.000	-20.210	-11.304
	LP1	RT1	-12.757*	1.624	.000	-17.210	-8.304
	JW1	RT1	-21.500*	1.624	.000	-25.953	-17.047
	PK1	RT1	-23.529*	1.624	.000	-27.981	-19.076
	SR1	RT1	-34.086*	1.624	.000	-38.539	-29.633

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

a. Dunnett t-tests treat one group as a control, and compare all other groups against it.

Multiple Comparisons

Dependent Variable: Benzene-indoor1

	(I) site	(J) site	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval Lower Bound	95% Confidence Interval Upper Bound
Dunnett T3	SK1	PR1	-7.386	1.624	.102	-15.818	1.046
		PT1	-16.143*	1.624	.000	-24.706	-7.580
		PY1	-14.000*	1.624	.004	-22.501	-5.499
		LP1	-17.000*	1.624	.000	-25.312	-8.688
		JW1	-8.257	1.624	.054	-16.630	.116
		PK1	-6.229	1.624	.257	-14.724	2.267
		SR1	4.329	1.624	.859	-5.060	13.717
		RT1	-29.757*	1.624	.000	-37.911	-21.604
	PR1	SK1	7.386	1.624	.102	-1.046	15.818
		PT1	-8.757*	1.624	.002	-14.705	-2.809
		PY1	-6.614*	1.624	.007	-11.253	-1.975
		LP1	-9.614*	1.624	.000	-14.917	-4.312
		JW1	-.871	1.624	1.000	-6.258	4.515
		PK1	1.157	1.624	1.000	-4.954	7.269
		SR1	11.714*	1.624	.003	3.920	19.509
		RT1	-22.371*	1.624	.000	-27.455	-17.288
	PT1	SK1	16.143*	1.624	.000	7.580	24.706
		PR1	8.757*	1.624	.002	2.809	14.705
		PY1	2.143	1.624	.837	-3.230	7.516
		LP1	-.857	1.624	1.000	-6.765	5.050
		JW1	7.886*	1.624	.005	2.011	13.760
		PK1	9.914*	1.624	.002	3.368	16.460
		SR1	20.471*	1.624	.000	12.483	28.460
		RT1	-13.614*	1.624	.000	-19.319	-7.910
	PY1	SK1	14.000*	1.624	.004	5.499	22.501
		PR1	6.614*	1.624	.007	1.975	11.253
		PT1	-2.143	1.624	.837	-7.516	3.230
		LP1	-3.000	1.624	.253	-7.378	1.378
		JW1	5.743*	1.624	.014	1.230	10.256
		PK1	7.771*	1.624	.008	2.159	13.384
		SR1	18.329*	1.624	.001	10.381	26.276
		RT1	-15.757*	1.624	.000	-19.774	-11.740
	LP1	SK1	17.000*	1.624	.000	8.688	25.312
		PR1	9.614*	1.624	.000	4.312	14.917
		PT1	.857	1.624	1.000	-5.050	6.765
		PY1	3.000	1.624	.253	-1.378	7.378
		JW1	8.743*	1.624	.001	3.523	13.963
		PK1	10.771*	1.624	.001	4.693	16.850
		SR1	21.329*	1.624	.000	13.447	29.210
		RT1	-12.757*	1.624	.000	-17.665	-7.850
	JW1	SK1	8.257	1.624	.054	-.116	16.630
		PR1	.871	1.624	1.000	-4.515	6.258
		PT1	-7.886*	1.624	.005	-13.760	-2.011
		PY1	-5.743*	1.624	.014	-10.256	-1.230
		LP1	-8.743*	1.624	.001	-13.963	-3.523
		PK1	2.029	1.624	.989	-4.126	8.183
		SR1	12.586*	1.624	.002	4.852	20.320
		RT1	-21.500*	1.624	.000	-26.498	-16.502
	PK1	SK1	6.229	1.624	.257	-2.267	14.724
		PR1	-1.157	1.624	1.000	-7.269	4.954
		PT1	-9.914*	1.624	.002	-16.460	-3.368
		PY1	-7.771*	1.624	.008	-13.384	-2.159
		LP1	-10.771*	1.624	.001	-16.850	-4.693
		JW1	-2.029	1.624	.989	-8.183	4.126
		SR1	10.557*	1.624	.008	2.441	18.673
		RT1	-23.529*	1.624	.000	-29.410	-17.647
	SR1	SK1	-4.329	1.624	.859	-13.717	5.060
		PR1	-11.714*	1.624	.003	-19.509	-3.920
		PT1	-20.471*	1.624	.000	-28.460	-12.483
		PY1	-18.329*	1.624	.001	-26.276	-10.381
		LP1	-21.329*	1.624	.000	-29.210	-13.447
		JW1	-12.586*	1.624	.002	-20.320	-4.852
		PK1	-10.557*	1.624	.008	-18.673	-2.441
		RT1	-34.086*	1.624	.000	-41.800	-26.371
	RT1	SK1	29.757*	1.624	.000	21.604	37.911
		PR1	22.371*	1.624	.000	17.288	27.455
		PT1	13.614*	1.624	.000	7.910	19.319
		PY1	15.757*	1.624	.000	11.740	19.774
		LP1	12.757*	1.624	.000	7.850	17.665
		JW1	21.500*	1.624	.000	16.502	26.498
		PK1	23.529*	1.624	.000	17.647	29.410
		SR1	34.086*	1.624	.000	26.371	41.800
Dunnett (2-sided)[a]	SK1	RT1	-29.757*	1.624	.000	-34.210	-25.304
	PR1	RT1	-22.371*	1.624	.000	-26.824	-17.919
	PT1	RT1	-13.614*	1.624	.000	-18.067	-9.161
	PY1	RT1	-15.757*	1.624	.000	-20.210	-11.304
	LP1	RT1	-12.757*	1.624	.000	-17.210	-8.304
	JW1	RT1	-21.500*	1.624	.000	-25.953	-17.047
	PK1	RT1	-23.529*	1.624	.000	-27.981	-19.076
	SR1	RT1	-34.086*	1.624	.000	-38.539	-29.633

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

a. Dunnett t-tests treat one group as a control, and compare all other groups against it.

ค-20 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ (Correlation) ระหว่างปริมาณ Benzene ที่ปรากฏบริเวณพื้นที่ ภายใน ภายนอกอาคาร และที่บุคคลทั่วไปได้รับ

Correlations-Benzene[a]

		outdoor1	indoor1	personal1	outdoor2	indoor2	personal2
Pearson Correlation	outdoor1	1.000	.352**	.226	.474**	.112	.176
	indoor1	.352**	1.000	.699**	-.092	-.025	.163
	personal1	.226	.699**	1.000	-.238	-.224	.113
	outdoor2	.474**	-.092	-.238	1.000	.374**	.024
	indoor2	.112	-.025	-.224	.374**	1.000	.622**
	personal2	.176	.163	.113	.024	.622**	1.000
Sig. (2-tailed)	outdoor1	.	.005	.075	.000	.381	.168
	indoor1	.005	.	.000	.473	.843	.201
	personal1	.075	.000	.	.061	.077	.379
	outdoor2	.000	.473	.061	.	.003	.851
	indoor2	.381	.843	.077	.003	.	.000
	personal2	.168	.201	.379	.851	.000	.
Sum of Squares and Cross-products	outdoor1	981.873	871.917	245.791	924.508	109.735	134.303
	indoor1	871.917	6240.557	1915.674	-452.858	-62.774	314.615
	personal1	245.791	1915.674	1201.982	-513.063	-242.823	95.369
	outdoor2	924.508	-452.858	-513.063	3879.429	727.823	36.674
	indoor2	109.735	-62.774	-242.823	727.823	974.334	473.232
	personal2	134.303	314.615	95.369	36.674	473.232	594.650
Covariance	outdoor1	15.837	14.063	3.964	14.911	1.770	2.166
	indoor1	14.063	100.654	30.898	-7.304	-1.012	5.074
	personal1	3.964	30.898	19.387	-8.275	-3.917	1.538
	outdoor2	14.911	-7.304	-8.275	62.571	11.739	.592
	indoor2	1.770	-1.012	-3.917	11.739	15.715	7.633
	personal2	2.166	5.074	1.538	.592	7.633	9.591

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

a. Listwise N=63

ค-21 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ (Correlation) ระหว่างปริมาณ Toluene ที่ปรากฏบริเวณพื้นที่ ภายใน ภายนอกอาคาร และที่บุคคลทั่วไปได้รับ

Correlations-Toluene[a]

		outdoor1	indoor1	personal1	outdoor2	indoor2	personal2
Pearson Correlation	outdoor1	1.000	-.065	-.043	.229	-.303*	-.157
	indoor1	-.065	1.000	.834**	-.469**	-.332**	.494**
	personal1	-.043	.834**	1.000	-.364**	-.149	.383**
	outdoor2	.229	-.469**	-.364**	1.000	.372**	-.209
	indoor2	-.303*	-.332**	-.149	.372**	1.000	.199
	personal2	-.157	.494**	.383**	-.209	.199	1.000
Sig. (2-tailed)	outdoor1	.	.613	.737	.071	.016	.218
	indoor1	.613	.	.000	.000	.008	.000
	personal1	.737	.000	.	.003	.243	.002
	outdoor2	.071	.000	.003	.	.003	.100
	indoor2	.016	.008	.243	.003	.	.117
	personal2	.218	.000	.002	.100	.117	.
Sum of Squares and Cross-products	outdoor1	6943.377	-1285.342	-478.100	2684.062	-3929.525	-887.165
	indoor1	-1285.342	56375.433	26334.542	-15665.566	-12264.366	7937.621
	personal1	-478.100	26334.542	17679.739	-6807.220	-3093.380	3448.322
	outdoor2	2684.062	-15665.566	-6807.220	19763.937	8135.885	-1988.464
	indoor2	-3929.525	-12264.366	-3093.380	8135.885	24251.270	2100.769
	personal2	-887.165	7937.621	3448.322	-1988.464	2100.769	4581.966
Covariance	outdoor1	111.990	-20.731	-7.711	43.291	-63.379	-14.309
	indoor1	-20.731	909.281	424.751	-252.670	-197.812	128.026
	personal1	-7.711	424.751	285.157	-109.794	-49.893	55.618
	outdoor2	43.291	-252.670	-109.794	318.773	131.224	-32.072
	indoor2	-63.379	-197.812	-49.893	131.224	391.150	33.883
	personal2	-14.309	128.026	55.618	-32.072	33.883	73.903

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

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

a. Listwise N=63

ค-22 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ (Correlation) ระหว่างปริมาณ Ethylbenzene ที่ปรากฏบริเวณพื้นที่ ภายใน ภายนอกอาคาร และที่บุคคลทั่วไปได้รับ

Correlations-Ethylbenzene[a]

		outdoor1	indoor1	personal1	outdoor2	indoor2	personal2
Pearson Correlation	outdoor1	1.000	-.344**	-.305*	.695**	.261*	-.057
	indoor1	-.344**	1.000	.915**	-.218	-.034	.208
	personal1	-.305*	.915**	1.000	-.159	.036	.255*
	outdoor2	.695**	-.218	-.159	1.000	.559**	.325**
	indoor2	.261*	-.034	.036	.559**	1.000	.624**
	personal2	-.057	.208	.255*	.325**	.624**	1.000
Sig. (2-tailed)	outdoor1	.	.006	.015	.000	.039	.660
	indoor1	.006	.	.000	.087	.789	.102
	personal1	.015	.000	.	.214	.781	.043
	outdoor2	.000	.087	.214	.	.000	.009
	indoor2	.039	.789	.781	.000	.	.000
	personal2	.660	.102	.043	.009	.000	.
Sum of Squares and Cross-products	outdoor1	506.973	-139.571	-76.519	318.997	69.634	-9.484
	indoor1	-139.571	325.334	184.111	-80.007	-7.329	27.921
	personal1	-76.519	184.111	124.406	-36.120	4.723	21.194
	outdoor2	318.997	-80.007	-36.120	415.651	134.837	49.371
	indoor2	69.634	-7.329	4.723	134.837	139.959	54.954
	personal2	-9.484	27.921	21.194	49.371	54.954	55.417
Covariance	outdoor1	8.177	-2.251	-1.234	5.145	1.123	-.153
	indoor1	-2.251	5.247	2.970	-1.290	-.118	.450
	personal1	-1.234	2.970	2.007	-.583	7.617E-02	.342
	outdoor2	5.145	-1.290	-.583	6.704	2.175	.796
	indoor2	1.123	-.118	7.617E-02	2.175	2.257	.886
	personal2	-.153	.450	.342	.796	.886	.894

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

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

a. Listwise N=63

ค-23 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ (Correlation) ระหว่างปริมาณ m-Xylene ที่ปรากฏบริเวณพื้นที่ ภายใน ภายนอกอาคาร และที่บุคคลทั่วไปได้รับ

Correlations-m-Xylene[a]

		outdoor1	indoor1	personal1	outdoor2	indoor2	personal2
Pearson Correlation	outdoor1	1.000	.268*	.230	.491**	.538**	.409**
	indoor1	.268*	1.000	.820**	-.359**	-.120	-.252*
	personal1	.230	.820**	1.000	-.265*	-.102	-.258*
	outdoor2	.491**	-.359**	-.265*	1.000	.798**	.681**
	indoor2	.538**	-.120	-.102	.798**	1.000	.819**
	personal2	.409**	-.252*	-.258*	.681**	.819**	1.000
Sig. (2-tailed)	outdoor1	.	.033	.070	.000	.000	.001
	indoor1	.033	.	.000	.004	.350	.046
	personal1	.070	.000	.	.036	.428	.041
	outdoor2	.000	.004	.036	.	.000	.000
	indoor2	.000	.350	.428	.000	.	.000
	personal2	.001	.046	.041	.000	.000	.
Sum of Squares and Cross-products	outdoor1	371.343	150.674	94.958	322.146	279.317	179.740
	indoor1	150.674	849.259	512.278	-356.799	-94.157	-167.712
	personal1	94.958	512.278	459.831	-193.533	-58.714	-126.200
	outdoor2	322.146	-356.799	-193.533	1161.314	732.847	529.299
	indoor2	279.317	-94.157	-58.714	732.847	726.871	503.459
	personal2	179.740	-167.712	-126.200	529.299	503.459	520.386
Covariance	outdoor1	5.989	2.430	1.532	5.196	4.505	2.899
	indoor1	2.430	13.698	8.263	-5.755	-1.519	-2.705
	personal1	1.532	8.263	7.417	-3.121	-.947	-2.035
	outdoor2	5.196	-5.755	-3.121	18.731	11.820	8.537
	indoor2	4.505	-1.519	-.947	11.820	11.724	8.120
	personal2	2.899	-2.705	-2.035	8.537	8.120	8.393

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

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

a. Listwise N=63

ค-24 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ (Correlation) ระหว่างปริมาณ p-Xylene ที่ปรากฏบริเวณพื้นที่ ภายใน ภายนอกอาคาร และที่บุคคลทั่วไปได้รับ

Correlations-p-Xylene[a]

		outdoor1	indoor1	personal1	outdoor2	indoor2	personal2
Pearson Correlation	outdoor1	1.000	-.036	-.020	.627**	.516**	.590**
	indoor1	-.036	1.000	.895**	-.105	.056	-.285*
	personal1	-.020	.895**	1.000	-.067	.164	-.255*
	outdoor2	.627**	-.105	-.067	1.000	.701**	.729**
	indoor2	.516**	.056	.164	.701**	1.000	.767**
	personal2	.590**	-.285*	-.255*	.729**	.767**	1.000
Sig. (2-tailed)	outdoor1	.	.777	.878	.000	.000	.000
	indoor1	.777	.	.000	.415	.666	.024
	personal1	.878	.000	.	.604	.200	.044
	outdoor2	.000	.415	.604	.	.000	.000
	indoor2	.000	.666	.200	.000	.	.000
	personal2	.000	.024	.044	.000	.000	.
Sum of Squares and Cross-products	outdoor1	199.300	-13.600	-3.943	207.680	129.753	151.223
	indoor1	-13.600	701.274	335.071	-64.950	26.166	-136.827
	personal1	-3.943	335.071	199.799	-22.087	41.153	-65.381
	outdoor2	207.680	-64.950	-22.087	550.740	292.737	310.337
	indoor2	129.753	26.166	41.153	292.737	316.683	247.536
	personal2	151.223	-136.827	-65.381	310.337	247.536	329.077
Covariance	outdoor1	3.215	-.219	-6.360E-02	3.350	2.093	2.439
	indoor1	-.219	11.311	5.404	-1.048	.422	-2.207
	personal1	-6.360E-02	5.404	3.223	-.356	.664	-1.055
	outdoor2	3.350	-1.048	-.356	8.883	4.722	5.005
	indoor2	2.093	.422	.664	4.722	5.108	3.993
	personal2	2.439	-2.207	-1.055	5.005	3.993	5.308

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

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

a. Listwise N=63

ค-25 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ (Correlation) ระหว่างปริมาณ o-Xylene ที่ปรากฏบริเวณพื้นที่ ภายใน ภายนอกอาคาร และที่บุคคลทั่วไปได้รับ

Correlations-o-Xylene[a]

		outdoor1	indoor1	personal1	outdoor2	indoor2	personal2
Pearson Correlation	outdoor1	1.000	.335**	.271*	.747**	.618**	.594**
	indoor1	.335**	1.000	.869**	.097	-.168	-.263*
	personal1	.271*	.869**	1.000	.065	-.202	-.279*
	outdoor2	.747**	.097	.065	1.000	.884**	.831**
	indoor2	.618**	-.168	-.202	.884**	1.000	.967**
	personal2	.594**	-.263*	-.279*	.831**	.967**	1.000
Sig. (2-tailed)	outdoor1	.	.007	.032	.000	.000	.000
	indoor1	.007	.	.000	.449	.188	.037
	personal1	.032	.000	.	.614	.112	.027
	outdoor2	.000	.449	.614	.	.000	.000
	indoor2	.000	.188	.112	.000	.	.000
	personal2	.000	.037	.027	.000	.000	.
Sum of Squares and Cross-products	outdoor1	278.960	95.963	49.813	335.050	265.953	290.130
	indoor1	95.963	294.671	164.354	44.767	-74.379	-132.152
	personal1	49.813	164.354	121.337	19.177	-57.355	-89.912
	outdoor2	335.050	44.767	19.177	721.140	611.767	652.880
	indoor2	265.953	-74.379	-57.355	611.767	664.566	728.981
	personal2	290.130	-132.152	-89.912	652.880	728.981	855.289
Covariance	outdoor1	4.499	1.548	.803	5.404	4.290	4.680
	indoor1	1.548	4.753	2.651	.722	-1.200	-2.131
	personal1	.803	2.651	1.957	.309	-.925	-1.450
	outdoor2	5.404	.722	.309	11.631	9.867	10.530
	indoor2	4.290	-1.200	-.925	9.867	10.719	11.758
	personal2	4.680	-2.131	-1.450	10.530	11.758	13.795

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

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

a. Listwise N=63

ค-26 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ (Correlation) ระหว่างปริมาณ 3-Ethylyoluene ที่ปรากฏบริเวณพื้นที่ ภายใน ภายนอกอาคาร และที่บุคคลทั่วไปได้รับ

Correlations-3-Ethyltoluene

		outdoor1	indoor1	personal1	outdoor2	indoor2	personal2
Pearson Correlation	outdoor1	1.000	-.009	-.166	.436**	.067	.148
	indoor1	-.009	1.000	.729**	.133	-.064	-.010
	personal1	-.166	.729**	1.000	.027	-.093	-.083
	outdoor2	.436**	.133	.027	1.000	.066	.176
	indoor2	.067	-.064	-.093	.066	1.000	.690**
	personal2	.148	-.010	-.083	.176	.690**	1.000
Sig. (2-tailed)	outdoor1	.	.947	.193	.000	.602	.249
	indoor1	.947	.	.000	.300	.617	.937
	personal1	.193	.000	.	.834	.468	.517
	outdoor2	.000	.300	.834	.	.610	.168
	indoor2	.602	.617	.468	.610	.	.000
	personal2	.249	.937	.517	.168	.000	.
Sum of Squares and Cross-products	outdoor1	27.297	-.307	-4.005	21.075	3.418	4.122
	indoor1	-.307	46.500	22.943	8.360	-4.277	-.370
	personal1	-4.005	22.943	21.310	1.148	-4.197	-2.055
	outdoor2	21.075	8.360	1.148	85.577	5.928	8.697
	indoor2	3.418	-4.277	-4.197	5.928	95.477	36.035
	personal2	4.122	-.370	-2.055	8.697	36.035	28.597
Covariance	outdoor1	.440	-4.946E-03	-6.460E-02	.340	5.513E-02	6.648E-02
	indoor1	-4.946E-03	.750	.370	.135	-6.898E-02	-5.968E-03
	personal1	-6.460E-02	.370	.344	1.852E-02	-6.769E-02	-3.315E-02
	outdoor2	.340	.135	1.852E-02	1.380	9.561E-02	.140
	indoor2	5.513E-02	-6.898E-02	-6.769E-02	9.561E-02	1.540	.581
	personal2	6.648E-02	-5.968E-03	-3.315E-02	.140	.581	.461

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

a. Listwise N=63

ค-27 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ (Correlation) ระหว่างปริมาณ 4-Ethyltoluene ที่ปรากฏบริเวณพื้นที่ ภายใน ภายนอกอาคาร และที่บุคคลทั่วไปได้รับ

Correlations-4-Ethyltoluene

		outdoor1	indoor1	personal1	outdoor2	indoor2	personal2
Pearson Correlation	outdoor1	1.000	.145	.038	.419**	-.058	.000
	indoor1	.145	1.000	.771**	-.016	-.294*	-.298*
	personal1	.038	.771**	1.000	-.006	-.048	-.095
	outdoor2	.419**	-.016	-.006	1.000	.413**	.425**
	indoor2	-.058	-.294*	-.048	.413**	1.000	.918**
	personal2	.000	-.298*	-.095	.425**	.918**	1.000
Sig. (2-tailed)	outdoor1	.	.258	.769	.001	.651	1.000
	indoor1	.258	.	.000	.903	.019	.018
	personal1	.769	.000	.	.966	.708	.459
	outdoor2	.001	.903	.966	.	.001	.001
	indoor2	.651	.019	.708	.001	.	.000
	personal2	1.000	.018	.459	.001	.000	.
Sum of Squares and Cross-products	outdoor1	30.264	6.438	1.102	22.820	-2.027	1.587E-04
	indoor1	6.438	65.417	33.075	-1.260	-15.060	-9.280
	personal1	1.102	33.075	28.097	-.290	-1.616	-1.940
	outdoor2	22.820	-1.260	-.290	98.233	25.894	16.223
	indoor2	-2.027	-15.060	-1.616	25.894	40.099	22.404
	personal2	1.587E-04	-9.280	-1.940	16.223	22.404	14.853
Covariance	outdoor1	.488	.104	1.777E-02	.368	-3.269E-02	2.560E-06
	indoor1	.104	1.055	.533	-2.033E-02	-.243	-.150
	personal1	1.777E-02	.533	.453	-4.683E-03	-2.607E-02	-3.130E-02
	outdoor2	.368	-2.033E-02	-4.683E-03	1.584	.418	.262
	indoor2	-3.269E-02	-.243	-2.607E-02	.418	.647	.361
	personal2	2.560E-06	-.150	-3.130E-02	.262	.361	.240

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

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

a. Listwise N=63

ค-28 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ (Correlation) ระหว่างปริมาณ 1,3,5-Trimethylbenzene ที่ปรากฏบริเวณพื้นที่ ภายใน ภายนอกอาคาร และที่บุคคลทั่วไปได้รับ

Correlations-1,3,5-Trimethylbenzene[a]

		outdoor1	indoor1	personal1	outdoor2	indoor2	personal2
Pearson Correlation	outdoor1	1.000	.842**	.789**	.072	.051	.051
	indoor1	.842**	1.000	.905**	-.074	-.046	-.046
	personal1	.789**	.905**	1.000	-.060	-.066	-.066
	outdoor2	.072	-.074	-.060	1.000	.666**	.666**
	indoor2	.051	-.046	-.066	.666**	1.000	1.000**
	personal2	.051	-.046	-.066	.666**	1.000**	1.000
Sig. (2-tailed)	outdoor1	.	.000	.000	.574	.693	.693
	indoor1	.000	.	.000	.563	.721	.721
	personal1	.000	.000	.	.639	.606	.606
	outdoor2	.574	.563	.639	.	.000	.000
	indoor2	.693	.721	.606	.000	.	.000
	personal2	.693	.721	.606	.000	.000	.
Sum of Squares and Cross-products	outdoor1	207.174	101.974	50.246	1.520	.290	.145
	indoor1	101.974	70.731	33.700	-.913	-.153	-7.651E-02
	personal1	50.246	33.700	19.594	-.390	-.116	-5.810E-02
	outdoor2	1.520	-.913	-.390	2.140	.387	.193
	indoor2	.290	-.153	-.116	.387	.157	7.873E-02
	personal2	.145	-7.651E-02	-5.810E-02	.193	7.873E-02	3.937E-02
Covariance	outdoor1	3.342	1.645	.810	2.452E-02	4.670E-03	2.335E-03
	indoor1	1.645	1.141	.544	-1.473E-02	-2.468E-03	-1.234E-03
	personal1	.810	.544	.316	-6.290E-03	-1.874E-03	-9.370E-04
	outdoor2	2.452E-02	-1.473E-02	-6.290E-03	3.452E-02	6.237E-03	3.118E-03
	indoor2	4.670E-03	-2.468E-03	-1.874E-03	6.237E-03	2.540E-03	1.270E-03
	personal2	2.335E-03	-1.234E-03	-9.370E-04	3.118E-03	1.270E-03	6.349E-04

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

a. Listwise N=63

ค-29 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ (Correlation) ระหว่างปริมาณ Decane ที่ปรากฏบริเวณพื้นที่ ภายใน ภายนอกอาคาร และที่บุคคลทั่วไปได้รับ

Correlations-Decane[a]

		outdoor1	indoor1	personal1	outdoor2	indoor2	personal2
Pearson Correlation	outdoor1	1.000	.954**	.846**	.394**	.280*	.228
	indoor1	.954**	1.000	.838**	.294*	.193	.167
	personal1	.846**	.838**	1.000	.430**	.244	.203
	outdoor2	.394**	.294*	.430**	1.000	.866**	.759**
	indoor2	.280*	.193	.244	.866**	1.000	.821**
	personal2	.228	.167	.203	.759**	.821**	1.000
Sig. (2-tailed)	outdoor1	.	.000	.000	.002	.028	.075
	indoor1	.000	.	.000	.020	.132	.194
	personal1	.000	.000	.	.000	.056	.114
	outdoor2	.002	.020	.000	.	.000	.000
	indoor2	.028	.132	.056	.000	.	.000
	personal2	.075	.194	.114	.000	.000	.
Sum of Squares and Cross-products	outdoor1	95.912	52.083	36.086	30.299	12.087	9.256
	indoor1	52.083	31.097	20.344	12.896	4.758	3.874
	personal1	36.086	20.344	18.959	14.711	4.690	3.661
	outdoor2	30.299	12.896	14.711	61.754	30.025	24.759
	indoor2	12.087	4.758	4.690	30.025	19.450	15.035
	personal2	9.256	3.874	3.661	24.759	15.035	17.234
Covariance	outdoor1	1.572	.854	.592	.497	.198	.152
	indoor1	.854	.510	.334	.211	7.800E-02	6.351E-02
	personal1	.592	.334	.311	.241	7.689E-02	6.002E-02
	outdoor2	.497	.211	.241	1.012	.492	.406
	indoor2	.198	7.800E-02	7.689E-02	.492	.319	.246
	personal2	.152	6.351E-02	6.002E-02	.406	.246	.283

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

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

a. Listwise N=62

ค-30 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ (Correlation) ระหว่างปริมาณ 1,2,4-Trimethylbenzene ที่ปรากฏบริเวณพื้นที่ ภายใน ภายนอกอาคาร และที่บุคคลทั่วไปได้รับ

Correlations-1,2,4-Trimethylbenzene[a]

		outdoor1	indoor1	personal1	outdoor2	indoor2	personal2
Pearson Correlation	outdoor1	1.000	.855**	.768**	.579**	.573**	.519**
	indoor1	.855**	1.000	.936**	.552**	.486**	.428**
	personal1	.768**	.936**	1.000	.520**	.468**	.419**
	outdoor2	.579**	.552**	.520**	1.000	.964**	.883**
	indoor2	.573**	.486**	.468**	.964**	1.000	.922**
	personal2	.519**	.428**	.419**	.883**	.922**	1.000
Sig. (2-tailed)	outdoor1	.	.000	.000	.000	.000	.000
	indoor1	.000	.	.000	.000	.000	.000
	personal1	.000	.000	.	.000	.000	.001
	outdoor2	.000	.000	.000	.	.000	.000
	indoor2	.000	.000	.000	.000	.	.000
	personal2	.000	.000	.001	.000	.000	.
Sum of Squares and Cross-products	outdoor1	796.974	430.957	223.952	376.984	190.150	130.765
	indoor1	430.957	319.069	172.678	227.225	101.938	68.219
	personal1	223.952	172.678	106.766	124.039	56.777	38.642
	outdoor2	376.984	227.225	124.039	531.991	261.157	181.670
	indoor2	190.150	101.938	56.777	261.157	137.937	96.595
	personal2	130.765	68.219	38.642	181.670	96.595	79.546
Covariance	outdoor1	12.854	6.951	3.612	6.080	3.067	2.109
	indoor1	6.951	5.146	2.785	3.665	1.644	1.100
	personal1	3.612	2.785	1.722	2.001	.916	.623
	outdoor2	6.080	3.665	2.001	8.580	4.212	2.930
	indoor2	3.067	1.644	.916	4.212	2.225	1.558
	personal2	2.109	1.100	.623	2.930	1.558	1.283

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

a. Listwise N=63

ค-31 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ (Correlation) ระหว่างปริมาณ 1,4-Dichlorobenzene ที่ปรากฏบริเวณพื้นที่ ภายใน ภายนอกอาคาร และที่บุคคลทั่วไปได้รับ

Correlations1,4-Dichlorobenzene[a]

		outdoor1	indoor1	personal1	outdoor2	indoor2	personal2
Pearson Correlation	outdoor1	1.000	.625**	.820**	-.146	-.131	-.107
	indoor1	.625**	1.000	.770**	.057	.073	.069
	personal1	.820**	.770**	1.000	-.172	-.130	-.085
	outdoor2	-.146	.057	-.172	1.000	.686**	.412**
	indoor2	-.131	.073	-.130	.686**	1.000	.914**
	personal2	-.107	.069	-.085	.412**	.914**	1.000
Sig. (2-tailed)	outdoor1	.	.000	.000	.255	.306	.405
	indoor1	.000	.	.000	.656	.570	.590
	personal1	.000	.000	.	.178	.311	.508
	outdoor2	.255	.656	.178	.	.000	.001
	indoor2	.306	.570	.311	.000	.	.000
	personal2	.405	.590	.508	.001	.000	.
Sum of Squares and Cross-products	outdoor1	29.209	36.131	33.074	-6.063	-8.601	-3.076
	indoor1	36.131	114.489	61.506	4.720	9.471	3.946
	personal1	33.074	61.506	55.737	-9.885	-11.756	-3.383
	outdoor2	-6.063	4.720	-9.885	59.437	64.294	16.932
	indoor2	-8.601	9.471	-11.756	64.294	147.589	59.204
	personal2	-3.076	3.946	-3.383	16.932	59.204	28.417
Covariance	outdoor1	.471	.583	.533	-9.779E-02	-.139	-4.961E-02
	indoor1	.583	1.847	.992	7.612E-02	.153	6.364E-02
	personal1	.533	.992	.899	-.159	-.190	-5.456E-02
	outdoor2	-9.779E-02	7.612E-02	-.159	.959	1.037	.273
	indoor2	-.139	.153	-.190	1.037	2.380	.955
	personal2	-4.961E-02	6.364E-02	-5.456E-02	.273	.955	.458

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

a. Listwise N=63

ค-32 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ (Correlation) ระหว่างปริมาณ 1,2,3-Trimethylbenzene ที่ปรากฏบริเวณพื้นที่ ภายใน ภายนอกอาคาร และที่บุคคลทั่วไปได้รับ

Correlations-1,2,3-Trimethylbenzene

		outdoor1	indoor1	personal1	outdoor2	indoor2	personal2
Pearson Correlation	outdoor1	1.000	.727**	.576**	.155	.153	.148
	indoor1	.727**	1.000	.857**	-.214	-.199	-.176
	personal1	.576**	.857**	1.000	-.219	-.201	-.180
	outdoor2	.155	-.214	-.219	1.000	.927**	.886**
	indoor2	.153	-.199	-.201	.927**	1.000	.977**
	personal2	.148	-.176	-.180	.886**	.977**	1.000
Sig. (2-tailed)	outdoor1	.	.000	.000	.225	.230	.246
	indoor1	.000	.	.000	.092	.117	.167
	personal1	.000	.000	.	.084	.114	.158
	outdoor2	.225	.092	.084	.	.000	.000
	indoor2	.230	.117	.114	.000	.	.000
	personal2	.246	.167	.158	.000	.000	.
Sum of Squares and Cross-products	outdoor1	113.593	56.100	32.982	14.987	13.831	8.073
	indoor1	56.100	52.384	33.296	-14.062	-12.207	-6.511
	personal1	32.982	33.296	28.817	-10.689	-9.127	-4.930
	outdoor2	14.987	-14.062	-10.689	82.390	71.164	41.065
	indoor2	13.831	-12.207	-9.127	71.164	71.554	42.187
	personal2	8.073	-6.511	-4.930	41.065	42.187	26.077
Covariance	outdoor1	1.832	.905	.532	.242	.223	.130
	indoor1	.905	.845	.537	-.227	-.197	-.105
	personal1	.532	.537	.465	-.172	-.147	-7.951E-02
	outdoor2	.242	-.227	-.172	1.329	1.148	.662
	indoor2	.223	-.197	-.147	1.148	1.154	.680
	personal2	.130	-.105	-7.951E-02	.662	.680	.421

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

a. Listwise N=63

ค-33 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ (Correlation) ระหว่างปริมาณ Limonene ที่ปรากฏบริเวณพื้นที่ ภายใน ภายนอกอาคาร และที่บุคคลทั่วไปได้รับ

Correlations-Limonene

		outdoor1	indoor1	personal1	outdoor2	indoor2	personal2
Pearson Correlation	outdoor1	1.000	.828**	.800**	.223	.105	.269*
	indoor1	.828**	1.000	.904**	.131	-.004	.055
	personal1	.800**	.904**	1.000	.154	.061	.094
	outdoor2	.223	.131	.154	1.000	.730**	.580**
	indoor2	.105	-.004	.061	.730**	1.000	.703**
	personal2	.269*	.055	.094	.580**	.703**	1.000
Sig. (2-tailed)	outdoor1	.	.000	.000	.079	.411	.033
	indoor1	.000	.	.000	.308	.978	.666
	personal1	.000	.000	.	.228	.636	.465
	outdoor2	.079	.308	.228	.	.000	.000
	indoor2	.411	.978	.636	.000	.	.000
	personal2	.033	.666	.465	.000	.000	.
Sum of Squares and Cross-products	outdoor1	131.817	90.053	82.472	16.086	7.307	22.276
	indoor1	90.053	89.700	76.820	7.770	-.207	3.780
	personal1	82.472	76.820	80.577	8.689	3.290	6.057
	outdoor2	16.086	7.770	8.689	39.494	27.665	26.239
	indoor2	7.307	-.207	3.290	27.665	36.393	30.513
	personal2	22.276	3.780	6.057	26.239	30.513	51.837
Covariance	outdoor1	2.126	1.452	1.330	.259	.118	.359
	indoor1	1.452	1.447	1.239	.125	-3.333E-03	6.097E-02
	personal1	1.330	1.239	1.300	.140	5.306E-02	9.770E-02
	outdoor2	.259	.125	.140	.637	.446	.423
	indoor2	.118	-3.333E-03	5.306E-02	.446	.587	.492
	personal2	.359	6.097E-02	9.770E-02	.423	.492	.836

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

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

a. Listwise N=63

ภาคผนวก ง

ตัวอย่างแบบสอบถามและแบบบันทึกกิจกรรมและผลจากแบบสอบถาม

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ง

การเก็บข้อมูลเพิ่มเติม

เลขที่ □□

แบบสอบถามเกี่ยวกับพฤติธรรมและการดำเนินชีวิตของผู้เข้าร่วมเก็บตัวอย่าง VOCs

ชื่อ.....สกุล.....

ที่อยู่.....ถนน.....

แขวง.....เขต.....

กรุงเทพมหานคร รหัสไปรษณีย์.....

โทรศัพท์.....

วันที่ทำแบบสอบถาม.....(วัน/เดือน/ปี)

โปรดทำเครื่องหมาย (√) หรือเติมข้อความสั้นๆ ลงในช่องว่างหน้าข้อความที่ท่านเห็นว่าเหมาะสมและตรงกับสภาพความเป็นจริงมากที่สุด

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แบบสอบถามพฤติธรรมและการดำเนินชีวิตของผู้เข้าร่วมเก็บตัวอย่าง VOCs

ส่วนที่ 1: ข้อมูลทั่วไป

1. อายุ _____ ปี 1.□□

2. เพศ ชาย □ 1 หญิง □ 2 2.□

3. ระดับการศึกษา 3.□

ประถมศึกษา	□ 1	มัธยมศึกษาตอนต้น	□ 2
มัธยมปลายหรือเทียบเท่า	□ 3	อนุปริญญา	□ 4
ปริญญาตรี	□ 5	สูงกว่าปริญญาตรี	□ 6

4. อาชีพ (โปรดระบุ) _____ 4.□

ส่วนที่2: ข้อมูลเกี่ยวกับบ้านของคุณ

5. บ้านของคุณมีอายุเท่าไร? (ปีที่ใกล้เคียงที่สุด) _____ ปี 5. □

6. บ้านของคุณห่างจากถนนทางหลวงหรือถนนสายหลักที่ใกล้บ้านคุณที่สุดเท่าไร
(โปรดประมาณระยะทางที่ห่างจากถนนเป็นเมตร) _____ เมตร 6. □

7. บ้านของคุณมีที่ตั้งห่างจากโรงงานหรืออยู่ใกล้โรงงานใช่หรือไม่?
ใช่ □ 1 ไม่ใช่ □ 2 7. □
ถ้าใช่,(โปรดระบุว่าเป็นโรงงานอะไร)_____

8. ในบ้านของคุณพื้นห้องในแต่ละห้องเป็นพื้นประเภทใด?

	พรม	กระเบื้อง	พื้นกระดาน	ปาร์เก้	หินขัด	พื้นปูน	อื่นๆ	
8.1 ห้องนอน	□ 1	□ 2	□ 3	□ 4	□ 5	□ 6	□____7	8.1 □
8.2 ห้องครัว	□ 1	□ 2	□ 3	□ 4	□ 5	□ 6	□____7	8.2 □
8.3 ห้องรับแขก	□ 1	□ 2	□ 3	□ 4	□ 5	□ 6	□____7	8.3 □
8.4 ห้องนั่งเล่น	□ 1	□ 2	□ 3	□ 4	□ 5	□ 6	□____7	8.4 □
8.5 ห้องทานข้าว	□ 1	□ 2	□ 3	□ 4	□ 5	□ 6	□____7	8.5 □

9. บ้านของคุณมีโรงรถติดกับประตูทางเข้าบ้านใช่หรือไม่?
ใช่ □ 1 ไม่ใช่ □ 2 9. □

10. ปัจจุบันบ้านของคุณมีการปรับปรุงใหม่(เช่นเปลี่ยนพรมใหม่, ทำครัวใหม่) หรือมีการซ่อมแซมใหม่เมื่อ 12 เดือนที่ผ่านมาใช่หรือไม่?

ใช่ ☐ 1 ไม่ใช่ ☐ 2 10. ☐

11. ปัจจุบันบ้านของคุณทาสีภายใน (เมื่อ 12 เดือนที่ผ่านมา) ใช่หรือไม่?

ใช่ ☐ 1 ไม่ใช่ ☐ 2 11. ☐

12. ถ้าใช่, ผ่านมาแล้วในเดือน (โปรดระบุ) _____ 12. ☐☐

13. ปัจจุบันบ้านของคุณทาสีภายนอก (เมื่อ 12 เดือนที่ผ่านมา) ใช่หรือไม่?

ใช่ ☐ 1 ไม่ใช่ ☐ 2 13. ☐

14. ถ้าใช่, ผ่านมาแล้วในเดือน (โปรดระบุ) _____ 14. ☐☐

15. ในฤดูร้อน, ในบ้านของคุณจะใช้เครื่องปรับอากาศ ใช่หรือไม่?

ใช่ ☐ 1 ไม่ใช่ ☐ 2 15. ☐

ถ้าไม่, ให้ไปที่คำถาม 17.

16. ถ้าคุณใช้เครื่องปรับอากาศ, คุณจะเปิดเครื่องปรับอากาศเมื่อใด?

16.1 เวลากลางวัน ☐ 16.1 ☐☐

16.2 เวลากลางคืน ☐ 16.2 ☐☐

16.3 ทั้งกลางวันและกลางคืน ☐ 16.3 ☐☐

16.4 เปิดเครื่องปรับอากาศ ตลอดเวลา, ถ้าอุณหภูมิเกิน _____องศาเซลเซียส ☐ 16.4 ☐☐
(โปรดแสดง)

16.5 อื่นๆ (โปรดระบุ) _____ ☐ 16.5 ☐☐

17. การระบายอากาศในบ้านของคุณเป็นอย่างไร?

เปิดหน้าต่างและประตูเพื่อระบายอากาศ ☐ 1 17. ☐

ปิดหน้าต่างและประตูไม่มีการระบายอากาศ ☐ 2

ปิดหน้าต่างและประตูมีช่องระบายอากาศ ☐ 3

ปิดหน้าต่างและประตูเปิด เครื่องปรับอากาศที่ฟอกอากาศกลับมาใช้ใหม่ ☐ 4

ปิดหน้าต่างและประตูเปิด เครื่องปรับอากาศที่มีการระบายอากาศ ☐ 5

อื่นๆ (โปรดระบุ) _____ ☐ 6

18. คุณจุดเทียนไขและธูปในบ้านบ่อยแค่ไหน?

ไม่เคย/น้อยครั้งมาก ☐ 1 1 ครั้ง/เดือน ☐ 2 18. ☐

1ครั้ง/สัปดาห์ ☐ 3 ทุกวัน ☐ 4

19. คุณจุดน้ำมันหอมระเหยในบ้านบ่อยครั้งแค่ไหน?

ไม่เคย/น้อยครั้งมาก ☐ 1 1 ครั้ง/เดือน ☐ 2 19. ☐

1ครั้ง/สัปดาห์ ☐ 3 ทุกวัน ☐ 4

น้ำมันหอมระเหยประเภทไหน (โปรดระบุ)_____

20. ประเภทของเชื้อเพลิง/พลังงานที่คุณใช้ในการหุงต้มคืออะไร?

แก๊ส ☐ 1 ไฟฟ้า ☐ 2 ถ่านไม้ ☐ 3 20. ☐

ไม่แน่ใจ ☐ 4 อื่นๆ (โปรดระบุ) ☐ 5 _____

21. เมื่อมีการหุงต้มในบ้านปกติจะใช้พัดลมระบายอากาศหรือใช้ hood ที่ต่อกับท่อปล่องควันภายนอกใช่หรือไม่?

ใช่ ☐ 1 ไม่ใช่ ☐ 2 21. ☐

ส่วนที่ 3: ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับพฤติกรรม

22. คุณใช้ผลิตภัณฑ์เหล่านี้ในบ้านของคุณบ่อยแค่ไหน?

	ไม่เคย/นานๆครั้ง	1 ครั้ง/เดือน	1 ครั้ง/สัปดาห์	มากกว่า1 ครั้ง/สัปดาห์	ทุกวัน	
22.1 กาว/สารยึดติด	☐ 1	☐ 2	☐ 3	☐ 4	☐ 5	22.1 ☐
22.2 น้ำยาขจัดคราบสกปรก	☐ 1	☐ 2	☐ 3	☐ 4	☐ 5	22.2 ☐
22.3 น้ำมันขัดเงา/แลกเกอร์	☐ 1	☐ 2	☐ 3	☐ 4	☐ 5	22.3 ☐
22.4 สี	☐ 1	☐ 2	☐ 3	☐ 4	☐ 5	22.4 ☐
22.5 ตัวทำละลาย (น้ำมันก๊าด, น้ำมันสน,สารละลายแอลกอฮอล์, acetone, ฯลฯ)	☐ 1	☐ 2	☐ 3	☐ 4	☐ 5	22.5 ☐

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

	ไม่เคย/นานๆครั้ง	1 ครั้ง/เดือน	1 ครั้ง/สัปดาห์	มากกว่า1 ครั้ง/สัปดาห์	ทุกวัน	
22.6 น้ำยาทาเล็บ/น้ำยาล้างเล็บ	☐ 1	☐ 2	☐ 3	☐ 4	☐ 5	22.6 ☐
22.7 สเปรย์ฆ่าแมลง	☐ 1	☐ 2	☐ 3	☐ 4	☐ 5	22.7 ☐
22.8 ปากกาเขียนไวท์บอร์ด	☐ 1	☐ 2	☐ 3	☐ 4	☐ 5	22.8 ☐
22.9 ยาขัดรองเท้า	☐ 1	☐ 2	☐ 3	☐ 4	☐ 5	22.9 ☐
22.10 ยาขัดเงารถ	☐ 1	☐ 2	☐ 3	☐ 4	☐ 5	22.10 ☐
22.11 น้ำยาทำความสะอาดพรม	☐ 1	☐ 2	☐ 3	☐4	☐ 5	22.11 ☐
22.12 ก้อนดับกลิ่นในห้อง/ห้องน้ำ	☐ 1	☐ 2	☐ 3	☐4	☐ 5	22.12 ☐
22.13 น้ำยาทำความสะอาด/น้ำยาฆ่าเชื้อโรค	☐ 1	☐ 2	☐ 3	☐ 4	☐ 5	22.13 ☐
22.14 เทียนไข	☐ 1	☐ 2	☐ 3	☐ 4	☐ 5	22.14 ☐
22.15 ธูป/เครื่องหอมหรือกำยาน	☐ 1	☐ 2	☐ 3	☐ 4	☐ 5	22.15 ☐
22.16 สเปรย์น้ำหอม	☐ 1	☐ 2	☐ 3	☐ 4	☐ 5	22.16 ☐
22.17 อื่นๆ	☐ 1	☐ 2	☐ 3	☐ 4	☐ 5	22.17 ☐

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จบแบบสอบถาม – ขอขอบคุณในความอนุเคราะห์ข้อมูล

ตัวอย่างแบบบันทึกเวลาและกิจกรรมในระยะเก็บตัวอย่าง

- กรุณาเขียนให้ชัดเจน
- บันทึกเวลาที่ใช้ของแต่ละที่/กิจกรรมที่ทำและใช้เวลาที่ทำมากกว่า 15 นาที ของช่วงระยะเวลาเก็บตัวอย่าง 24 ชม.

วันที่ 1

เลขที่ □□

ช่วงเวลาที่เก็บ ช่วงที่ .....

วันที่เปิดหลอดเก็บตัวอย่าง ...../...../..... (วัน/เดือน/ปี)

เริ่มต้น(เวลา)	สิ้นสุด(เวลา)	สถานที่	กิจกรรม

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เริ่มต้น(เวลา)	สิ้นสุด(เวลา)	สถานที่	กิจกรรม

ข้อคิดเห็น

.....

.....

.....

.....

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

(สิ้นสุดการเก็บตัวอย่างวันที่ 1)

ตาราง ง-1 ข้อมูลทั่วไปจากการเก็บข้อมูลเพิ่มเติมโดยใช้แบบสอบถาม

ข้อมูลทั่วไป	ทั้งหมด	road side	nonroad side
1. อายุ			
ค่าเฉลี่ย (range)	46 (31,79)	42 (32,56)	50 (31,79)
ชาย (range)	36 (32,42)	37 (32,42)	35 (35,35)
หญิง (range)	48 (31,79)	44(32,56)	52 (31,79)
1.1 รายละเอียดช่วงอายุ (%)			
น้อยกว่า 35 ปี	22.2	22.2	22.2
36-45 ปี	38.9	55.6	33.3
46-55 ปี	16.7	11.1	22.2
56-65 ปี	16.7	11.1	22.2
มากกว่า 66 ปี	5.6	0	11.1
2. เพศ (%)			
ชาย	22.2	33.3	11.1
หญิง	77.8	66.7	88.9
3. ระดับการศึกษา (%)			
ประถมศึกษา	16.7	22.2	11.1
มัธยมศึกษาตอนต้น	16.7	11.1	22.2
มัธยมศึกษาตอนปลายหรือเทียบเท่า	16.7	11.1	33.3
อนุปริญญา	16.7	11.1	33.3
ปริญญาตรี	27.8	33.3	0.0
สูงกว่าปริญญาตรี	5.6	11.1	0.0
4. อาชีพ			
ธุรกิจส่วนตัว	27.8	33.3	11.1
ค้าขาย	27.8	66.7	0.0
แม่บ้าน	44.4	0.0	88.9

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตาราง ง-2 ข้อมูลเกี่ยวกับบ้านของคุณจากการเก็บข้อมูลเพิ่มเติมโดยใช้แบบสอบถาม

ข้อมูลบ้าน	ทั้งหมด	road side	nonroad side
5. อายุบ้าน (ปี)			
6-10 ปี	11.1	11.1	11.1
11-15 ปี	27.8	22.2	33.3
16-20 ปี	27.8	33.3	22.2
21-25 ปี	5.5	0.0	11.1
26-30 ปี	11.1	11.1	11.1
มากกว่า 30 ปี	16.7	22.2	11.1
6. ระยะทางของบ้านที่ห่างจากถนนสายหลัก (กม.)			
น้อยกว่า 0.5 กม.	50.0	100.0	0.0
0.6-1.5 กม.	27.7	0.0	55.6
1.6-2.5 กม.	5.6	0.0	11.1
2.6-3.5 กม.	0.0	0.0	0.0
3.6-4.5 กม.	11.1	0.0	22.2
มากกว่า 4.5 กม.	5.6	0.0	11.1
7. บ้านมีที่ตั้งห่างจากโรงงาน			
ใช่	94.4	100.0	88.9
ไม่ใช่ (โรงงานทอผ้า)	5.6	0.0	11.1

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตาราง ง-2 (ต่อ) ข้อมูลเกี่ยวกับบ้านของคุณจากการเก็บข้อมูลเพิ่มเติมโดยใช้แบบสอบถาม

ข้อมูลบ้าน	ทั้งหมด	road side	nonroad side
8. พื้นห้องในแต่ละห้องในบ้าน			
8.1 ห้องนอน			
กระเบื้อง	33.3	22.2	44.4
พื้นกระดาน	33.3	22.2	44.4
ปาร์เก้	27.8	44.4	11.1
หินขัด	0.0	0.0	0.0
พื้นปูน	5.6	11.1	0.0
8.2 ห้องครัว			
กระเบื้อง	72.2	66.7	77.8
พื้นกระดาน	0.0	0.0	0.0
ปาร์เก้	0.0	0.0	0.0
หินขัด	5.6	11.1	0.0
พื้นปูน	22.2	22.2	22.2
8.3 ห้องรับแขก			
กระเบื้อง	72.2	66.7	77.8
พื้นกระดาน	16.7	11.1	22.2
ปาร์เก้	0.0	0.0	0.0
หินขัด	5.6	11.1	0.0
พื้นปูน	5.6	11.1	0.0
8.4 ห้องนั่งเล่น			
กระเบื้อง	66.7	55.6	77.8
พื้นกระดาน	16.7	11.1	22.2
ปาร์เก้	0.0	0.0	0.0
หินขัด	11.1	22.2	0.0
พื้นปูน	5.6	11.1	0.0
8.5 ห้องทานข้าว			
กระเบื้อง	72.2	66.7	77.8
พื้นกระดาน	16.7	11.1	22.2
ปาร์เก้	0.0	0.0	0.0
หินขัด	5.6	11.1	0.0
พื้นปูน	5.6	11.1	0.0

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตาราง ง-2 (ต่อ) ข้อมูลเกี่ยวกับบ้านของคุณจากการเก็บข้อมูลเพิ่มเติมโดยใช้แบบสอบถาม

ข้อมูลบ้าน	ทั้งหมด	road side	Non-roadside
9. บ้านของคุณมีโรงรถติดกับประตูทางเข้าบ้าน(%)ใช่ (ไม่ใช่)	38.9 (61.1)	11.1 (88.9)	77.8 (22.2)
10. การปรับปรุงซ่อมแซมบ้าน(%) ปรับปรุง(ไม่ปรับปรุง)	0 (100)	0 (100)	0 (100)
11. การทาสีภายในบ้าน (%)ทาสี(ไม่ทาสี)	0 (100)	0 (100)	0 (100)
13. การทาสีภายนอกบ้าน(%)ทาสี(ไม่ทาสี)	0 (100)	0 (100)	0 (100)
15. การใช้เครื่องปรับอากาศในฤดูร้อน (%)ใช้(ไม่ใช้)	77.8 (22.2)	88.9 (11.1)	66.7 (33.3)
16. เวลาเปิดเครื่องปรับอากาศ			
16.1 เวลากลางวัน	0.0	0.0	0.0
16.2 เวลากลางคืน	92.9	87.5	100
16.3 ทั้งกลางวันและกลางคืน	7.1	12.5	0
16.4 เปิดเครื่องปรับอากาศตลอดเวลา	0.0	0.0	0.0
17. การระบายอากาศในบ้าน			
17.1. เปิดหน้าต่างและประตูเพื่อระบายอากาศ	94.5	88.9	100
17.2. ปิดหน้าต่างและประตูไม่มีการระบายอากาศ	5.5	11.1	0.0
17.3. ปิดหน้าต่างและประตูมีช่องการระบายอากาศ	0.0	0.0	0.0
17.4. ปิดหน้าต่างและประตูเปิดเครื่องปรับอากาศ ที่ฟอกอากาศกลับมาใช้ใหม่	0.0	0.0	0.0
17.5. ปิดหน้าต่างและประตูเปิดเครื่องปรับอากาศ ที่มีการระบายอากาศ	0.0	0.0	0.0

หมายเหตุ ข้อ 12 และ 14 ไม่มีผลสรุป เนื่องจาก ข้อ 11 และ 13 ตอบ ไม่

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตาราง ง-2 (ต่อ) ข้อมูลเกี่ยวกับบ้านของคุณจากการเก็บข้อมูลเพิ่มเติมโดยใช้แบบสอบถาม

ข้อมูลบ้าน	ทั้งหมด	road side	nonroad side
18. การจุดเทียนไขและธูปในบ้าน			
ไม่เคย/น้อยครั้งมาก	50.0	22.2	77.8
1ครั้ง/เดือน	0.0	0.0	0.0
1ครั้ง/สัปดาห์	5.5	11.1	0.0
ทุกวัน	44.5	66.7	22.2
19. การจุดน้ำมันหอมระเหยในบ้าน			
ไม่เคย/น้อยครั้งมาก	94.5	88.9	100.0
1ครั้ง/เดือน	0.0	0.0	0.0
1ครั้ง/สัปดาห์	5.5	11.1	0.0
ทุกวัน	0.0	0.0	0.0
20. ประเภทของเชื้อเพลิง/พลังงานที่ใช้ในการหุงต้ม			
แก๊ส	100.0	100.0	100.0
ไฟฟ้า	0.0	0.0	0.0
ถ่านไม้	0.0	0.0	0.0
21. การหุงต้มในบ้านมีพัดลมระบายอากาศ(%)มี(ไม่มี)	50 (50)	55.6 (44.4)	44.4 (55.6)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตาราง ง-3 ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับพฤติกรรม จากการเก็บข้อมูลเพิ่มเติมโดยใช้แบบสอบถาม

ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับพฤติกรรมการใช้ผลิตภัณฑ์	ทั้งหมด	road side	non-road side
22. ความถี่การใช้ผลิตภัณฑ์เหล่านี้ในบ้าน			
22.1 กาว/สารยึดติด			
ไม่เคย/นานๆครั้ง	83.3	77.8	88.9
1 ครั้ง/เดือน	5.6	0.0	11.1
1 ครั้ง/สัปดาห์	11.1	22.2	0.0
มากกว่า 1 ครั้ง/สัปดาห์	0.0	0.0	0.0
ทุกวัน	0.0	0.0	0.0
22.2 น้ำยาขจัดคราบสกปรก			
ไม่เคย/นานๆครั้ง	11.1	11.1	11.1
1 ครั้ง/เดือน	16.6	11.1	22.2
1 ครั้ง/สัปดาห์	66.7	66.7	66.7
มากกว่า 1 ครั้ง/สัปดาห์	5.6	11.1	0.0
ทุกวัน	0.0	0.0	0.0
22.3 น้ำมันขัดเงา/แลกเกอร์			
ไม่เคย/นานๆครั้ง	94.4	100.0	88.9
1 ครั้ง/เดือน	5.6	0.0	11.1
1 ครั้ง/สัปดาห์	0.0	0.0	0.0
มากกว่า 1 ครั้ง/สัปดาห์	0.0	0.0	0.0
ทุกวัน	0.0	0.0	0.0
22.4 สี			
ไม่เคย/นานๆครั้ง	94.4	100.0	88.9
1 ครั้ง/เดือน	0.0	0.0	0.0
1 ครั้ง/สัปดาห์	0.0	0.0	0.0
มากกว่า 1 ครั้ง/สัปดาห์	0.0	0.0	0.0
ทุกวัน	5.6	0.0	11.1

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตาราง ง-3 (ต่อ) ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับพฤติกรรม จากการเก็บข้อมูลเพิ่มเติมโดยใช้แบบสอบถาม

ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับพฤติกรรมการใช้ผลิตภัณฑ์	ทั้งหมด	road side	non-road side
22. ความถี่การใช้ผลิตภัณฑ์เหล่านี้ในบ้าน			
22.5 ตัวทำละลาย			
ไม่เคย/นานๆครั้ง	88.8	88.9	88.9
1 ครั้ง/เดือน	5.6	0.0	11.1
1 ครั้ง/สัปดาห์	5.6	11.1	0.0
มากกว่า 1 ครั้ง/สัปดาห์	0.0	0.0	0.0
ทุกวัน	0.0	0.0	0.0
22.6 น้ำยาทาเล็บ			
ไม่เคย/นานๆครั้ง	83.3	66.7	100.0
1 ครั้ง/เดือน	16.7	33.3	0.0
1 ครั้ง/สัปดาห์	0.0	0.0	0.0
มากกว่า 1 ครั้ง/สัปดาห์	0.0	0.0	0.0
ทุกวัน	0.0	0.0	0.0
22.7 สเปร์ฆ่าแมลง			
ไม่เคย/นานๆครั้ง	44.5	33.3	55.5
1 ครั้ง/เดือน	22.2	44.5	0.0
1 ครั้ง/สัปดาห์	33.3	22.2	44.5
มากกว่า 1 ครั้ง/สัปดาห์	0.0	0.0	0.0
ทุกวัน	0.0	0.0	0.0
22.8 ปากกาเขียนไวท์บอร์ด			
ไม่เคย/นานๆครั้ง	83.3	77.8	88.9
1 ครั้ง/เดือน	0.0	0.0	0.0
1 ครั้ง/สัปดาห์	0.0	0.0	0.0
มากกว่า 1 ครั้ง/สัปดาห์	16.7	22.2	11.1
ทุกวัน	0.0	0.0	0.0

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตาราง ง-3 (ต่อ) ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับพฤติกรรม จากการเก็บข้อมูลเพิ่มเติมโดยใช้แบบสอบถาม

ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับพฤติกรรมการใช้ผลิตภัณฑ์	ทั้งหมด	road side	non-road side
22. ความถี่การใช้ผลิตภัณฑ์เหล่านี้ในบ้าน			
22.9 ยาขัดรองเท้า			
ไม่เคย/นานๆครั้ง	88.8	100.0	77.8
1 ครั้ง/เดือน	5.6	0.0	11.1
1 ครั้ง/สัปดาห์	0.0	0.0	0.0
มากกว่า 1 ครั้ง/สัปดาห์	0.0	0.0	0.0
ทุกวัน	5.6	0.0	11.1
22.10 ยาขัดเงารถ			
ไม่เคย/นานๆครั้ง	83.3	100.0	66.7
1 ครั้ง/เดือน	5.6	0.0	11.1
1 ครั้ง/สัปดาห์	11.1	0.0	22.2
มากกว่า 1 ครั้ง/สัปดาห์	0.0	0.0	0.0
ทุกวัน	0.0	0.0	0.0
22.11 น้ำยาทำความสะอาดพรม			
ไม่เคย/นานๆครั้ง	83.3	100.0	66.7
1 ครั้ง/เดือน	16.7	0.0	33.3
1 ครั้ง/สัปดาห์	0.0	0.0	0.0
มากกว่า 1 ครั้ง/สัปดาห์	0.0	0.0	0.0
ทุกวัน	0.0	0.0	0.0
22.12 ก้อนดับกลิ่นในห้อง/ห้องน้ำ			
ไม่เคย/นานๆครั้ง	44.5	33.3	55.6
1 ครั้ง/เดือน	22.2	44.5	0.0
1 ครั้ง/สัปดาห์	33.3	22.2	44.4
มากกว่า 1 ครั้ง/สัปดาห์	0.0	0.0	0.0
ทุกวัน	0.0	0.0	0.0

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตาราง ง-3 (ต่อ) ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับพฤติกรรม จากการเก็บข้อมูลเพิ่มเติมโดยใช้แบบสอบถาม

ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับพฤติกรรมการใช้ผลิตภัณฑ์	ทั้งหมด	road side	non-road side
22. ความถี่การใช้ผลิตภัณฑ์เหล่านี้ในบ้าน			
22.13 น้ำยาทำความสะอาด/น้ำยาฆ่าเชื้อโรค			
ไม่เคย/นานๆครั้ง	11.1	0.0	22.2
1 ครั้ง/เดือน	16.7	11.1	22.2
1 ครั้ง/สัปดาห์	50.0	55.6	44.5
มากกว่า 1 ครั้ง/สัปดาห์	11.1	11.1	11.1
ทุกวัน	11.1	22.2	0.0
22.14 เทียนไข			
ไม่เคย/นานๆครั้ง	50.0	33.4	66.7
1 ครั้ง/เดือน	11.1	22.2	0.0
1 ครั้ง/สัปดาห์	11.1	11.1	11.1
มากกว่า 1 ครั้ง/สัปดาห์	11.1	22.2	0.0
ทุกวัน	16.7	11.1	22.2
22.15 ธูป/เครื่องหอมหรือกำยาน			
ไม่เคย/นานๆครั้ง	38.9	22.2	55.6
1 ครั้ง/เดือน	0.0	0.0	0.0
1 ครั้ง/สัปดาห์	11.1	11.1	11.1
มากกว่า 1 ครั้ง/สัปดาห์	0.0	0.0	0.0
ทุกวัน	50.0	66.7	33.3
22.16 สเปร์น้ำหอม			
ไม่เคย/นานๆครั้ง	61.1	55.6	66.7
1 ครั้ง/เดือน	0.0	0.0	0.0
1 ครั้ง/สัปดาห์	11.1	11.1	11.1
มากกว่า 1 ครั้ง/สัปดาห์	11.1	22.2	0.0
ทุกวัน	16.7	11.1	22.2

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาวสาวิตรี พูลมา เกิดเมื่อวันที่ 13 มกราคม 2524 ที่สมุทรปราการ สำเร็จการศึกษาปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต จากภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะทรัพยากรและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ในปีการศึกษา 2546 และเข้าศึกษาต่อในหลักสูตรสหสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2546

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย