ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของฝุ่นละอองกับยานพาหนะแต่ละกลุ่มบริเวณตลาดองครักษ์

RELATIONSHIP BETWEEN THE SIZE OF PARTICULATE MATTER AND THE TYPES OF VEHICLE AROUND ONGKHARAK MARKET

นายดุลยวัต ศรีสุโข

นายภีมวัจน์ ทองปอน

นายสมบัติ แสงธรรมวุฒิ

โครงงานวิศวกรรมนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

ปีการศึกษา 2559

ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของฝุ่นละอองกับยานพาหนะแต่ละกลุ่มบริเวณตลาดองครักษ์

RELATIONSHIP BETWEEN THE SIZE OF PARTICULATE MATTER AND THE TYPES OF VEHICLE AROUND ONGKHARAK MARKET

นายดุลยวัต ศรีสุโข

นายภีมวัจน์ ทองปอน

นายสมบัติ แสงธรรมวุฒิ

โครงงานวิศวกรรมนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

ปีการศึกษา 2559

การศึกษาปริมาณฝุ่นละอองที่เกิดจากการสัญจรโดยยานพาหนะแต่ละประเภทบริเวณตลาดองครักษ์ ปีการศึกษา 2559

โดย

นาย ดุลยวัต ศรีสุโข
นาย ภีมวัจน์ ทองปอน
นาย สมบัติ แสงธรรมวุฒิ

อาจารย์ที่ปรึกษา

อาจารย์ ปรารถนา ประชานุรักษ์

บทคัดย่อ

โครงงานฉบับนี้ได้ศึกษาได้ศึกษาปริมาณฝุ่นละอองที่เกิดจากการสัญจรโดยยานพาหนะแต่ละกลุ่มบริเวณตลาดองครักษ์ โดยทำการศึกษาปริมาณฝุ่นละออง 5 ขนาด คือ TSP PM10 PM4 PM2.5 และ PM1 ที่เกิดขึ้นจากการสัญจรโดยพาหนะทั้งหมด 6 กลุ่ม คือ ยานพาหนะกลุ่มที่ 1 ได้แก่ รถยนต์ส่วนบุคคล รถยนต์ส่วนบุคคลกระบะ และรถยนต์กระบะบรรทุก ยานพาหนะกลุ่มที่ 2 ได้แก่ รถบรรทุกขนาดใหญ่ 3 เพลา และรถโดยสารขนาดใหญ่ ยานพาหนะกลุ่มที่ 3 ได้แก่ รถบรรทุกขนาดเล็ก (4ล้อ) รถบรรทุกขนาดกลาง 2 เพลา รถโดยสารขนาดเล็ก และรถโดยสารขนาดกลาง ยานพาหนะกลุ่มที่ 4 ได้แก่ รถพ่วง และรถบรรทุกกึ่งพ่วง ยานพาหนะกลุ่มที่ 5 ได้แก่ รถจักรยานยนต์และรถสามล้อเครื่อง และยานพาหนะกลุ่มที่ 6 ได้แก่ รถดัดแปลง เช่น รถเครื่องจักรกลการเกษตร รวมถึงได้เก็บข้อมูลสิ่งแวดล้อมอื่นๆ เช่น ความเร็วลม โดยพื้นที่ที่ทำการศึกษา คือ จุดเก็บตัวอย่างใกล้กับเส้นทางจราจรบริเวณตลาดองครักษ์ อ.องครักษ์ จ.นครนายก

ผลการศึกษาพบว่า ยานพาหนะที่มีความสัมพันธ์กับปริมาณฝุ่น PM1 คือ ยานพาหนะกลุ่มที่ 2 กลุ่มยานพาหนะที่มีความสัมพันธ์กับปริมาณฝุ่น PM2.5 คือ ยานพาหนะกลุ่มที่ 2 กับกลุ่มที่ 5 กลุ่มยานพาหนะที่มีความสัมพันธ์กับปริมาณฝุ่น PM4 คือ ยานพาหนะกลุ่มที่ 2 กับกลุ่มที่ 4 กลุ่มยานพาหนะที่มีความสัมพันธ์กับปริมาณฝุ่น PM10 คือ ยานพาหนะกลุ่มที่ 4 ส่วนกลุ่มยานพาหนะที่มีความสัมพันธ์กับปริมาณฝุ่น TSP คือ ยานพาหนะกลุ่มที่ 1 กับกลุ่มที่ 4 โดยสามารถสรุปได้ว่ายานพาหนะกลุ่มที่ 2 มีความสัมพันธ์ทำให้เกิดฝุ่นละเอียด PM1 PM2.5 และPM4 มากที่สุด และยานพาหนะกลุ่ม 4 มีความสัมพันธ์ทำให้เกิดฝุ่น PM10 และTSP มากที่สุด ในการแก้ไขปัญหาเบื้องต้นจากผลกระทบของฝุ่น

ละอองได้โดยฝุ่นหยาบ PM10 และTSP สามารถแก้ปัญหาด้วยการฉีดพ่นละอองน้ำตลอดความยาวถนน หรือ หลีกเลี่ยงการออกนอกอาคาร ส่วนฝุ่นละเอียด PM 1 PM 2.5 และPM 4 สามารถแก้ปัญหาโดยการสวมหน้ากากอนามัยที่สามารถช่วยป้องกันไม่ให้ฝุ่นละอองขนาดต่ำกว่า 10 ไมครอน เข้าสู่ระบบทางเดินหายใจเบื้องต้นได้ รวมถึงมาตรการอื่นๆ ที่ช่วยป้องกันและลดผลกระทบจากฝุ่นต่อสุขภาพ เช่น การตรวจวัดปริมาณฝุ่นละอองอย่างต่อเนื่อง หลีกเลี่ยงการออกนอกอาคารหรือการทำกิจกรรมนอกอาคารเป็นระยะเวลานาน เป็นต้น

คำสำคัญ: ฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM1 PM2.5 PM4 PM10 TSP และกลุ่มยานพาหนะ

THE STUDY OF PARTICULATE MATTER CAUSED BY VEHICLE TRAFFIC EACH CATEGORY AROUND ONGKHARAK MARKET IN NAKHONNAYOK PROVINCE

Academic Year 2016

By

Mr.Dunyawat Srisukho

Mr.Peemawat Tongpond

Mr.Sombat Sangtammavut

Advisor

Pradthana Prachanurak, M.Eng.

Abstract

The project has been studied the concentration of particulate matter caused by each group of vehicle around Ongkharak market. The studies consisted of the concentration of five particulate matters, such as, TSP, PM10, PM4, PM2.5 and PM1 which were relate by 6 group of vehicle. Group 1 was personal cars, personal truck pickup and pickup trucks. Group 2 was large trucks (three axles) and large buses. Group 3 was small trucks (4 wheels), medium trucks (2 axles), small buses and medium buses. Group 4 included trailers and semi-trailers. Group 5 was motorcycles and tricycles. And group 6 was modified vehicles, such as, agricultural machinery and agricultural vehicles. Moreover, the other factors, such as, wind speed was collected. The study area was a sampling point near the traffic route at Ongkarak Market in Nakhon Nayok Province.

The study indicated that group of vehicles which likely to relate PM1 was the vehicle of group 2. Group 2 and group 5 were likely to cause PM2.5. Group 2 and group 4 were tend to relate PM4. Group 4 was likely to relate PM10. Group 1 and group 4 were likely to relate TSP. Vehicle of group 2 was the most tend to relate PM1, PM2.5, PM4. Moreover, the vehicles of group 4 was the most tend to relate PM10 and TSP. Troubleshooting the effect of dust is to spraying water throughout the road or avoiding the outdoors activity for avoid PM10 and TSP. And wearing a protective mask that can

help prevent particulate matters smaller than 10 microns such as, PM 1, PM 2.5 and PM 4 into the respiratory tract. Moreover, other preventive measures, which can be reduce the impact of dust on health, such as continuous measurement of particulate matters and avoid going outdoors or doing outdoor activities for long periods of time are absolutely necessary to prevent the impact of particulate matters for human health.

Keyword: particulate matter, PM1, PM2.5, PM4, PM10, TSP and group of vehicle

.

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานวิศวกรรมนี้ สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความช่วยเหลือจากผู้มีพระคุณหลายท่าน คณะผู้จัดทำโครงงานขอขอบพระคุณ อาจารย์ปรารถนาประชานุรักษ์อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงานที่ได้กรุณาเสียสละเวลาอันมีค่าเพื่อให้คำปรึกษา คำแนะนำ ตรวจแก้ไขความเรียบร้อย ตลอดจนการชี้แนะในการหาคำตอบในปัญหาต่างๆ ระหว่างจัดทำโครงงานนี้ ด้วยความเอาใจใส่อย่างยิ่ง

ขอขอบพระคุณภาควิชาวิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ที่ทางคณะผู้จัดทำได้เข้าไปศึกษาเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูล ที่ท่านได้สนับสนุนวัสดุอุปกรณ์ ให้กับคณะผู้จัดทำโครงงาน ทางคณะผู้จัดทำโครงงานขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ท้ายที่สุดนี้ ทางคณะผู้จัดทำโครงงานขอขอบพระคุณทุกคนในครอบครัวที่ให้การสนับสนุนให้กำลังใจในการศึกษาตลอดมา และหวังเป็นอย่างยิ่งว่าโครงงานวิศวกรรมนี้ จะเป็นประโยชน์ต่อผู้ที่สนใจนำไปศึกษาไม่มากก็น้อยต่อไป ความดีและประโยชน์ใดๆ จากโครงงานวิศวกรรมนี้ ขอมอบให้กับผู้มีพระคุณทุกท่านที่ได้กล่าวมาทั้งหมด

คณะผู้จัดทำโครงงาน

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ค
กิตติกรรมประกาศ	จ
สารบัญ	ฉ
สารบัญตาราง	ญ
สารบัญรูป	ฎ
รายการสัญลักษณ์	ฐ
ประมวลคำย่อ	ฑ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงงาน	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน	2
1.3 ขอบเขตของโครงงาน	2
1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ	3
บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	4
2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	4
2.1.1 ความหมายของมลพิษทางอากาศ	4
2.1.2 แหล่งกำเนิดมลพิษทางอากาศ (Sources of Air Pollutants)	4
2.1.2.1 แหล่งกำเนิดตามธรรมชาติ (Natural Sources)	4
2.1.2.2 แหล่งกำเนิดที่เกิดจากกิจกรรมมนุษย์ (Man-Made Sources)	5
2.1.3 ชนิดของมลพิษทางอากาศ	6
2.1.3.1 ก๊าซอินทรีย์	6
2.1.3.2 ก๊าซอนินทรีย์	6
2.1.3.3 อนุภาคมวลสาร	6
2.1.4 อนุภาคฝุ่นละออง Particulate Matter (PM)	7
2.1.4.1 ประเภทของฝุ่นละออง	7

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
2.1.4.2 แหล่งกำเนิดของฝุ่นละออง	8
2.1.4.3 ผลกระทบของฝุ่นละออง	9
2.1.5 การตรวจวัดและเครื่องมือตรวจวัดสารมลพิษทางอากาศ	11
2.1.5.1 วัตถุประสงค์ในการตรวจวัดสารมลพิษทางอากาศในบรรยากาศ	11
2.1.5.2 การเลือกตำแหน่งการตรวจวัดสารมลพิษทางอากาศ	11
2.1.6 การตรวจวัดอนุภาคฝุ่นละออง	12
2.1.6.1 การตรวจวัดอนุภาคฝุ่นโดยใช้ไซโคลน (Cyclones)	12
2.1.6.2 การตรวจวัดโดยใช้อุปกรณ์เก็บตัวอย่างปริมาตรสูง	13
2.1.6.3 การตรวจวัดอนุภาคฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอน	14
2.1.6.4 วิธีการวัดระบบดูดกลืนรังสีบีตา (Beta Ray Absorption)	16
2.1.6.5 วิธีการตรวจวัดอนุภาคฝุ่นด้วยอุปกรณ์เก็บตัวอย่างแบบไดโคโตมัส	17
2.1.6.6 เครื่องเก็บตัวอย่างอนุภาคฝุ่นแยกขนาด	18
2.1.6.7 เครื่องเก็บอนุภาคฝุ่นพ่นจับแบบเวนจูรี	18
2.1.6.8 เครื่องเก็บอนุภาคฝุ่นด้วยไฟฟ้าสถิต (Electrostatic Precipitators; ESP)	19
2.1.7 กฎหมายที่เกี่ยวข้องกับการควบคุมมลพิษทางอากาศและมาตรฐานคุณภาพอากาศ	20
2.1.7.1 มาตรฐานการปล่อยสารมลพิษทางอากาศ	20
2.1.7.2 มาตรฐานการปล่อยสารมลพิษทางอากาศจากยานพาหนะ	24
2.2 การจำแนกกลุ่มตัวแปรด้วยเทคนิคการวิเคราะห์ค่าสหสัมพันธ์	26
2.2.1 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สัน	28
2.2.2 ทิศทางของความสัมพันธ์	29
2.2.3 ลักษณะของสมมติฐานที่ทดสอบ	30

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
2.2.4 การคำนวณค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สัน	31
2.3 ผลงานวิจัยที่ผ่านมา	35
2.3.1 ด้านมลพิษทางอากาศ	35
2.3.2 ผลกระทบจากมลพิษทางอากาศด้านสุขภาพ	36
2.3.3 การมีส่วนร่วมของประชากรในการแก้ปัญหามลพิษทางอากาศ	37
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงาน	39
3.1 วัสดุและอุปกรณ์	39
3.1.1 เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา	39
3.1.1.1 เครื่องนับจำนวนสะสม (Accumulating hand counters)	39
3.1.1.2 เครื่องวัดปริมาณฝุ่นละอองขนาด PM1 PM2.5 PM4 PM10 และ TSP	39
3.1.1.3 เครื่องวัดความเร็วลมแบบใบพัด	40
3.1.1.4 เครื่องวัดอุณหภูมิและความชื้นในอากาศ	41
3.2 ขั้นตอนการดำเนินการ	41
3.2.1 การกำหนดพื้นที่ศึกษา	42
3.2.2 กลุ่มเป้าหมาย	44
3.2.2.1 กลุ่มยานพาหนะที่ใช้เส้นทางหน้าตลาดองครักษ์เป็นเส้นทางสัญจร	44
3.2.2.2 ปริมาณฝุ่นละอองที่เกิดขึ้นจากการสัญจรบนท้องถนน	45
3.2.2.3 ข้อมูลอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องในการเกิดฝุ่นละอองจากการสัญจรบนท้องถนน	46
3.2.3 วิธีการศึกษา	44
3.2.3.1 การกำหนดจุดเก็บตัวอย่าง	44
3.2.3.2 ประเภทของยานพาหนะที่ทำให้เกิดฝุ่น	45
3.2.3.3 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ	46

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
บทที่ 4 ผลการดำเนินงาน	50
4.1 ปริมาณจราจร	50
4.1.1 ปริมาณยานพาหนะสะสมต่อวัน	51
4.1.2 ช่วงเวลาที่มีการสะสมตัวของกลุ่มยานพาหนะมากที่สุด	52
4.2 ปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กที่เกิดจากยานพาหนะแต่ละกลุ่ม	53
4.2.1 ความสัมพันธ์ระหว่างฝุ่นละอองแต่ละขนาดกับยานพาหนะ	53
4.2.1.1 ฝุ่นละอองขนาด PM 1	53
4.2.1.2 ฝุ่นละอองขนาด PM 2.5	55
4.2.1.3 ฝุ่นละอองขนาด PM 4	56
4.2.1.4 ฝุ่นละอองขนาด PM 10	58
4.2.1.5 ฝุ่นละอองขนาด TSP	59
4.3 ปัจจัยอื่นๆที่มีผลต่อปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็ก	60
4.4 แนวทางในการบรรเทาปัญหาเบื้องต้นจากฝุ่นละอองขนาดเล็กที่เกิดจากการจราจร	62
4.4.1 ความเสียงต่อสุขภาพ	62
4.4.2 แนวทางในการบรรเทาปัญหาเบื้องต้นที่เกิดจากฝุ่นละอองขนาดเล็กจากการจราจร	64
4.4.2.1 แนวทางในการแก้ไขปัญหาในระยะสั้น	64
4.4.2.2 แนวทางในการแก้ไขปัญหาในระยะยาว	67
บทที่ 5 สรุปผลและเสนอแนะ	71
5.1 สรุปผล	71
5.1.1 ปริมาณยานพาหนะสะสมต่อวัน	71
5.1.2 ความสัมพันธ์ปริมาณยานพาหนะแต่ละกลุ่มกับฝุ่นแต่ละขนาด	71
5.1.3 การบรรเทาปัญหาเบื้องต้นที่เกิดจากผลกระทบของฝุ่นละออง	72
5.2 ข้อเสนอแนะในการศึกษาครั้งต่อไป	73

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
เอกสารอ้างอิง	74
ภาคผนวก ก	76
ภาคผนวก ข	82
ภาคผนวก ค	87
ภาคผนวก ง	92
ภาคผนวก จ	95
ภาคผนวก ฉ	98
ประวัติย่อผู้ทำโครงงาน	105

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 มาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศทั่วไปของประเทศไทย กรมควบคุมมลพิษ	22
2.2 กำหนดค่าเฝ้าระวังสำหรับสารอินทรีย์ระเหยง่ายในบรรยากาศ โดยทั่วไปในเวลา 24 ชั่วโมง	23
3.1 ค่าถ่วงน้ำหนักของยานพาหนะแต่ละชนิด	46
4.1 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation) ระหว่าง PM1 กับรถ 6 กลุ่ม	54
4.2 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation) ระหว่าง PM2.5 กับรถ 6 กลุ่ม	55
4.3 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation) ระหว่าง PM4 กับรถ 6 กลุ่ม	57
4.4 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation) ระหว่าง PM10 กับรถ 6 กลุ่ม	58
4.5 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation) ระหว่าง TSP กับรถ 6 กลุ่ม	59
4.6 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation) ระหว่างฝุ่นละอองทั้ง 4 ขนาด กับแรงลม	61
4.7 ค่า AQI กับผลกระทบต่อสุขภาพ	63
ก-1 ข้อมูลปริมาณจราจรของยานพาหนะแต่ละกลุ่มสะสมต่อวัน ณ จุดเก็บตัวอย่าง	77
ก-2 ข้อมูลปริมาณยานพาหนะแต่ละกลุ่มที่สะสมในแต่ละช่วงเวลา	77
ก-3 ข้อมูลยานพาหนะแต่ละกลุ่ม ณ จุดเก็บตัวอย่าง	78
ข-1 ข้อมูลปริมาณฝุ่นละอองแต่ละประเภท ณ จุดเก็บตัวอย่าง	83
ค-1 ข้อมูลทางอุตุนิยมวิทยา แรงลมในทิศขนาน ณ จุดเก็บตัวอย่าง	88
จ-1 ค่าวิกฤตของสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน	96
ฉ-1 การแจกแจง T (T-Distribution)	99

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 แสดงการเปรียบเทียบขนาดของฝุ่นละอองขนาดเล็กที่มีผลกระทบต่อสุขภาพกับอนุภาคทรายและเส้นผม	8
2.2 แสดงขนาดฝุ่นที่เข้าไปในร่างกายของมนุษย์	10
2.3 อุปกรณ์เก็บฝุ่นแบบไซโคลน	12
2.4 อุปกรณ์เก็บฝุ่นแบบ High-Volume	13
2.5 อุปกรณ์ตรวจวัดอนุภาคที่มีขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน	14
2.6 เครื่องเก็บตัวอย่างอนุภาคฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอน	15
2.7 หัวเก็บตัวอย่างอนุภาคฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอน	16
2.8 เครื่องตรวจวัดอนุภาคฝุ่นด้วยระบบดูดกลืนรังสีบีตา	17
2.9 การเก็บอนุภาคฝุ่นด้วยระบบไดโคโตมัส	17
2.10 เครื่องเก็บอนุภาคฝุ่นแยกขนาด	18
2.11 เครื่องเก็บอนุภาคฝุ่นพ่นจับแบบเวนจูรี	19
2.12 เครื่องเก็บอนุภาคฝุ่นด้วยไฟฟ้าสถิต	20
2.13 ลักษณะของกราฟที่ค่า r = 1, 0.5 , 0, -0.5 และ -1	29
3.1 เครื่องนับจำนวนสะสม	40
3.2 เครื่องวัดปริมาณฝุ่นละอองขนาด PM1, PM2.5, PM4 และ PM10	40
3.3 เครื่องวัดความเร็วลมแบบใบพัด	41
3.4 เครื่องวัดอุณหภูมิและความชื้นในอากาศ	41
3.5 แสดงถนนผ่านหน้าตลาดองครักษ์	43
3.6 จุดที่ได้ทำการเก็บข้อมูลปริมาณฝุ่นละออง	43
4.1 สัดส่วนปริมาณยานพาหนะแต่ละกลุ่มที่ผ่านจุดเก็บตัวอย่างสะสมต่อวัน	51
4.2 ช่วงเวลาที่มีการสะสมตัวของยานพาหนะที่ผ่านจุดเก็บตัวอย่าง	52
4.3 แสดงการเปรียบเทียบขนาดฝุ่นละอองขนาดเล็กที่มีผลกระทบต่อสุขภาพ	62
4.4 แสดงรถเทศบาลฉีดพ่นละอองน้ำตลอดความยาวถนน	65
4.5 หน้ากากอนามัยแบบทั่วไป	66

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.6 หน้ากากอนามัยชนิด N95	66
4.7 แว่นตากันฝุ่น	67
4.8 เส้นทางที่ใช้หลีกเลี่ยงการสัญจรผ่านบริเวณตลาดองครักษ์	68
4.9 สภาพถนนทางหลวงชนบท นย.3001 ในปัจจุบันที่มีการเสื่อมสภาพ	69
4.10 ลมที่พัดเข้าสู่ประเทศไทย	70

รายการสัญลักษณ์

สัญลักษณ์	คำอธิบาย	หน่วย
H_0	สมมติฐานที่ 0	-
H_1	สมมติฐานที่ 1	-
n	ขนาดของกลุ่มตัวอย่าง	-
P	ประสิทธิภาพในการทำงาน	-
r	สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์	-
t	การแจกแจงแบบที (t-Distribution)	-
α	ระดับนัยสำคัญทางสถิติ	-

ประมวลคำย่อ

คำย่อ	คำอธิบาย
น.	นาฬิกา
AQI	Air Quality Index
PM1	อนุภาคที่มีขนาดเล็กกว่า 1 ไมครอน
PM2.5	อนุภาคที่มีขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอน
PM4	อนุภาคที่มีขนาดเล็กกว่า 4 ไมครอน
PM10	อนุภาคที่มีขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน
TSP	อนุภาคฝุ่นทั้งหมด (Total suspended particulate)
$\mu g/m^3$	ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

บทที่1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

ปัจจุบันความเจริญก้าวหน้าทางเศรษฐกิจ การเพิ่มจำนวนของประชากร ทำให้เกิดการขยายตัวของอุตสาหกรรม เพื่อผลิตสินค้าที่จะสามารถตอบสนองความต้องการของมนุษย์ จากการขยายตัวของอุตสาหกรรมและชุมชน ทำให้เกิดปัญหาสภาพแวดล้อมมากมาย เช่น มลภาวะทางอากาศ มลภาวะทางน้ำ มลภาวะทางเสียง ขยะ เป็นต้น ปัญหาต่างๆเหล่านี้นับวันยิ่งทวีความรุนแรงมากขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งบริเวณเขตอุตสาหกรรมและชุมชนที่มีผู้อยู่อาศัยหนาแน่น จากปัญหาที่กล่าวมาข้างต้น ปัญหามลภาวะทางอากาศก็เป็นอีกปัญหาหนึ่ง ที่ส่งผลกระทบต่อประชาชนในระยะยาวเช่นกัน จากการขยายตัวของอุตสาหกรรม เมื่อชุมชนต่างๆ มีความเจริญเข้าไปถึงทำให้ต้องมีการคมนาคมขนส่งสินค้าและบริการ การเดินทางสัญจร เพื่อสนองต่อความต้องการของผู้บริโภคในชุมชน ส่งผลให้เกิดมลภาวะทางอากาศอันเนื่องมาจากการคมนาคมด้วยยานพาหนะ เช่น ฝุ่นละออง ควัน โลหะหนัก และก๊าซพิษจากการเผาไหม้ของเชื่อเพลิงที่ปล่อยออกทางท่อไอเสียของยานพาหนะ เป็นต้น เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและประชาชนที่อาศัยอยู่บริเวณทางสัญจรนั้นทางตรงและทางอ้อม เช่น ประชาชนป่วยด้วยโรคเกี่ยวกับระบบทางเดินหายใจ หอบหืด เกิดการระคายเคืองในเยื่อบุผิวดวงตา สุขภาพอนามัยของคนในชุมชนต่ำ รวมถึงทำให้สิ่งแวดล้อมรอบตัวเสียไป และเกิดการบดบังแสงสว่างจากด้วยอาทิตย์ที่ส่องมายังพื้นโลก จากการสำรวจพบว่าปัญหาทางมลพิษทางอากาศเป็นปัญหาระดับต้นๆของโลก

ตลาดองครักษ์ ตั้งอยู่ในเขตพื้นที่ ต.องครักษ์ อ.องครักษ์ จ.นครนายก ซึ่งเป็นชุมชนที่อยู่ใกล้กับมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ องครักษ์ โดยจากการสำรวจเบื้องต้นพบว่าบริเวณพื้นที่ริมทางสัญจรหน้าตลาดองครักษ์(ทางหลวงชนบทนย.3001)เปิดร้านรถเข็นขายอาหารอยู่หลายร้านและมีบุคลากรนิสิตรวมถึงผู้อยู่อาศัยบริเวณนั้นเข้าไปซื้อสินค้าเพื่อการอุปโภคและบริโภคอย่างต่อเนื่อง โดยในบริเวณหน้าตลาดองครักษ์เป็นทางที่รถบรรทุกใช้ในการสัญจรเพื่อขนส่งสินค้าไปยัง อ.บางน้ำเปรี้ยว จ.ฉะเชิงเทรา และยังพบว่ามีปริมาณฝุ่นละอองเกิดขึ้นมาก โดยฝุ่นละอองเหล่านี้จะสะสมอยู่ในอาหาร หรือบริเวณริมถนน หรือแขวนลอยอยู่ในอากาศจากการสอบถามผู้ประกอบการในบริเวณนั้น รวมถึงผู้สัญจรไปมาพบว่าได้รับผลกระทบจากปริมาณฝุ่น โดยผลกระทบส่วนใหญ่ทำให้เกิดการระคายเคืองต่อดวงตา รวมไปถึงทำให้เกิดโรคภูมิแพ้ เป็นต้น

จากปัญหาดังกล่าว จึงเป็นที่มาของโครงการวิจัยในครั้งนี้ ที่มีวัตถุประสงค์ในการตรวจวัดปริมาณฝุ่นละอองแต่ละขนาด ได้แก่ PM1 PM2.5 PM4 PM10 และ TSP เทียบกับกลุ่มยานพาหนะ 6 กลุ่ม จากประเภทยานพาหนะทั้งสิ้น 13 ประเภท ตามมาตรฐานการนับปริมาณยานพาหนะของกรมทางหลวง เนื่องจากยานพาหนะแต่ละประเภทนั้นก่อให้เกิดขนาดของฝุ่นละอองที่ไม่เท่ากัน ซึ่งจากการศึกษาในครั้งนี้

จะทำให้ทราบว่าแนวโน้มยานพาหนะประเภทใดก่อให้เกิดฝุ่นละอองขนาดใดมากที่สุด อันจะนำไปสู่การเสนอแนะแนวทางเบื้องต้นในการบรรเทาปัญหาที่เกิดจากผลกระทบของฝุ่นละอองแต่ละขนาดและลดผลกระทบที่เกิดจากฝุ่นละอองกับประชาชนในชุมชนตลาดองครักษ์ได้

1.2 วัตถุประสงค์

วัตถุประสงค์ของโครงงานวิจัยนี้ เพื่อศึกษาการตรวจวัดคุณภาพอากาศ โดยเน้นไปที่การตรวจวัดฝุ่นละอองขนาดเล็กแต่ละขนาดได้แก่ PM1 PM2.5 PM4 PM10 และ TSP โดยเทียบกับชนิดของยานพาหนะแต่ละประเภท โดยแบ่งเป็นวัตถุประสงค์ย่อยดังนี้

1.2.1 เพื่อศึกษาปริมาณฝุ่นละอองขนาด PM1 PM2.5 PM4 PM10 และ TSP ที่เกิดขึ้นจากการจราจรและคมนาคมขนส่งโดยใช้การจำแนกยานพาหนะเป็น 6 กลุ่ม จากประเภทยานพาหนะทั้งสิ้น 13 ประเภท ตามมาตรฐานการนับปริมาณยานพาหนะของกรมทางหลวง

1.2.2 เพื่อวิเคราะห์แนวโน้มของปริมาณฝุ่นละอองขนาด PM1 PM2.5 PM4 PM10 และ TSP ที่สัมพันธ์กับชนิดของยานพาหนะทั้ง 6 กลุ่ม

1.2.3 เพื่อเสนอแนะแนวทางเบื้องต้นในการบรรเทาปัญหาที่เกิดจากผลกระทบของฝุ่นละอองแต่ละขนาดต่อประชาชน และสิ่งแวดล้อมที่อยู่ในบริเวณทางสัญจรนั้น

1.3 ขอบเขตของโครงงาน

โครงงานวิจัยนี้มุ่งเน้นที่จะศึกษาเพื่อหาความสัมพันธ์ของประเภทยานพาหนะที่มีผลต่อปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็ก ได้แก่ PM1 PM2.5 PM4 PM10 และ TSP ที่เกิดขึ้น โดยของเขตของงานวิจัยนี้มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1.3.1 งานในส่วนเตรียมการเบื้องต้นในการศึกษาวิธีการใช้งานอุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจวัดอนุภาคฝุ่นละอองขนาดเล็ก รวมถึงอุปกรณ์ตรวจวัดอื่นๆ ที่มักมีผลต่อปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็ก เช่น แรงลม อุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์

1.3.2 งานในส่วนการเก็บข้อมูลจากสถานที่จริง โดยใช้เครื่องมือในการวัดฝุ่นรวมถึงเครื่องมือในการวัดอื่นๆ ได้แก่ แรงลม อุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์ เพื่อนำไปวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ของปริมาณฝุ่น ที่เกิดขึ้นจากยานพาหนะแต่ละกลุ่ม รวมถึงปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณฝุ่นที่เกิดขึ้น

1.3.3 งานในส่วนของการวิเคราะห์หาข้อมูลที่ได้ โดยใช้โปรแกรมวิเคราะห์ทางสถิติและผลกระทบที่มีต่อสภาพแวดล้อมในบริเวณใกล้เคียง โดยเทียบกับมาตรฐานคุณภาพอากาศ และเสนอแนวทางเบื้องต้นในการบรรเทาปัญหาที่เกิดขึ้นจากฝุ่นละอองขนาดเล็ก

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ มีดังนี้

1.4.1 ทราบถึงปริมาณของฝุ่นละอองขนาดเล็กได้แก่ PM1 PM2.5 PM4 PM10 และ TSP ที่เกิดจากยานพาหนะแต่ละกลุ่ม

1.4.2 ทราบถึงความสัมพันธ์ของกลุ่มยานพาหนะที่มีแนวโน้มจะส่งผลต่อการเกิดฝุ่นละอองแต่ละประเภท

1.4.3 เพื่อเป็นแนวทางในการแก้ไขปัญหา หรือวิธีการป้องกันเบื้องต้นจากฝุ่นละอองขนาดเล็กที่เกิดจากการจราจรและการคมนาคม

บทที่ 2

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1.1 ความหมายของมลพิษทางอากาศ

มลพิษทางอากาศ (Air Pollution) หมายถึง ภาวะของอากาศที่มีสารเจือปนอยู่ในปริมาณที่มากพอและเป็นระยะเวลานานพอที่จะทำให้เกิดผลเสียต่อสุขภาพอนามัยของมนุษย์ สัตว์ พืช และวัสดุต่างๆ สารดังกล่าวอาจเป็นธาตุหรือสารประกอบที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติหรือเกิดจากการกระทำของมนุษย์หรืออาจอยู่ในรูปของก๊าซ หยดของเหลว หรืออนุภาคของแข็งก็ได้ (กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2547) นอกจากนี้ยังทำลายทรัพย์สินหรือสิ่งแวดล้อมอื่น เช่น อาคารบ้านเรือน โบราณสถาน โบราณวัตถุ ภาชนะเครื่องใช้ เครื่องจักรกลที่เป็นโลหะ ทำให้เกิดการผุกร่อนใช้การไม่ได้

2.1.2 แหล่งกำเนิดมลพิษทางอากาศ (Sources of Air Pollutants)

แหล่งกำเนิดมลพิษทางอากาศ แบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท คือ

2.1.2.1 แหล่งกำเนิดตามธรรมชาติ (Natural Sources)

เป็นแหล่งกำเนิดที่ก่อให้เกิดและระบายสารมลพิษออกสู่อากาศ โดยเป็นไปตามกระบวนการทางธรรมชาติ ไม่มีการกระทำของมนุษย์เข้าไปเกี่ยวข้องแต่อย่างใด ได้แก่

(1) ภูเขาไฟ

เมื่อเกิดการระเบิดภูเขาไฟ จะมีขี้เถ้าและมีควันเป็นจำนวนมากถูกปล่อยสู่บรรยากาศ อนุภาคเหล่านี้อาจลอยสูงขึ้นไปถึง 70,000 ฟุต และคงอยู่ในอากาศได้นานนับปีกว่าจะตกกลับมาสู่พื้นโลก

(2) ไฟป่า

เป็นตัวการที่เพิ่มปริมาณสารมลพิษให้กับอากาศควันจากไฟป่าสามารถทำให้อันตรายต่อสุขภาพได้ ทำให้ทัศวิสัยเลวลง อันเป็นสาเหตุของอุบัติเหตุทางรถยนต์หรือเครื่องบิน

(3) อนุภาคต่างๆจากการผุพังของดิน

ลมแรงๆและพายุ สามารถพัดพาอนุภาคสารจากผิวดินให้ขึ้นไปในบรรยากาศได้ เรียกว่าการกระดอน อนุภาคที่มีขนาดเล็กจะแขวนลอยอยู่ในบรรยากาศได้นานกว่า และจะตกลงมาสู่พื้นเมื่อน้ำหนักมากขึ้น เนื่องจากอนุภาคดูดความชื้นเข้าไปและรวมตัวกับอนุภาคอื่นๆที่แขวนลอยอยู่

(4) ละอองเกสรจากพืช

เกิดจากวัชพืช ต้นไม้ หญ้า เป็นอนุภาคขนาดเล็ก มีน้ำหนักเบา สามารถลอยอยู่และฟุ้งกระจายไปได้ไกลในอากาศ ละอองเกสรเหล่านี้ทำให้เกิดโรคภูมิแพ้ได้

(5) จุลินทรีย์

เช่น แบคทีเรีย ไวรัส เชื้อรา และสปอร์ พบได้เสมอในอากาศ สิ่งมีชีวิตเหล่านี้จะล่องลอยในอากาศได้ด้วยตัวเอง หรือติดไปกับอนุภาคอื่นๆ เช่น ฝุ่นละอองในอากาศ การฟุ้งกระจายของสิ่งมีชีวิตเหล่านี้ไปได้ไกลเพียงใด ขึ้นอยู่กับความเร็วและทิศทางของกระแสลมเป็นสำคัญ

(6) การเน่าเปื่อยผุพังของสารอินทรีย์

สารอินทรีย์ต่างๆ ที่ทับถมกันอยู่ จะถูกย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ในดิน การย่อยสลายจะทำให้เกิดก๊าซต่างๆ เช่น ก๊าซแอมโมเนีย ก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ เป็นต้น ซึ่งก๊าซเหล่านี้จะมีกลิ่นเหม็นเป็นที่รบกวนบริเวณใกล้เคียง

2.1.2.2 แหล่งกำเนิดที่เกิดจากกิจกรรมมนุษย์ (Man-Made Sources)

เป็นกำเนิดที่เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ แบ่งออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่

(1) แหล่งกำเนิดที่เคลื่อนที่ได้ (Mobile Source)

1) ยานพาหนะ เช่น รถยนต์ รถจักรยานยนต์ รถไฟ และเรือ

(2) แหล่งกำเนิดที่อยู่กับที่ (Stationary Source)

1)โรงงานอุตสาหกรรม เช่นโรงกลั่นน้ำมันปิโตรเลียม โรงงานไฟฟ้าที่ใช้ถ่านหินเป็นเชื้อเพลิง โรงงานผลิตซีเมนต์ โรงงานผลิตกระดาษ โรงกำจัดขยะ และโรงสีข้าว

2) เหมืองแร่ เช่น การระเบิดหิน และการโม่หิน

2.1.3 ชนิดของมลพิษทางอากาศ

2.1.3.1 ก๊าซอินทรีย์

(1) ไฮโดรคาร์บอน (HC)

(2) กรดอินทรีย์

2.1.3.2 ก๊าซอนินทรีย์

(1) ก๊าซไนโตรเจนออกไซด์ (NO_x)

(2) ก๊าซซัลเฟอร์ออกไซด์ (SO_x)

(3) ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO)

(4) ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2)

2.1.3.3 อนุภาคมวลสาร

(1) ละอองลอย (Aerosol) หมายถึง คอลลอยด์ชนิดหนึ่งที่อนุภาคของของแข็งหรือของเหลวกระจายอยู่ในตัวกลางของการกระจายที่เป็นแก๊ส เช่น สเปรย์ ควัน หมอก เป็นต้น

(2) หมอก (Fog) หมายถึง ปรากฏการณ์เมื่อความชื้นในอากาศเข้าใกล้ระดับ 100% เกิดการควบแน่นในระดับใกล้พื้นดิน และทัศวิสัยไม่เกิน 1 กิโลเมตร มีความหนาแน่นสูง เรียกว่า Fog

(3) หมอกควัน (Smog) หมายถึง ปรากฏการณ์ที่ฝุ่น ควัน และอนุภาคแขวนลอยในอากาศรวมตัวกันในสภาวะที่อากาศปิด เช่น โรงงานอุตสาหกรรม ยานพาหนะ เครื่องจักรกล

(4) ฟูม (Fume) หมายถึง อนุภาคของแข็งที่เกิดจากการควบแน่นของสารที่อยู่ในสถานะที่เป็นก๊าซ เมื่อได้รับความร้อนก็จะระเหยและควบแน่นทันที ได้แก่ ฟูมของตะกั่ว ฟูมของเหล็ก

(5) ฝุ่น (Dust) หมายถึง อนุภาคของแข็งใหญ่กว่า คอลลอยด์ และลอยตัวอยู่ในอากาศ

1) ฝุ่นถ่าน (Charcoal Dust)

2) ฝุ่นจากควันไฟ (Fire Dust)

3) ฝุ่นจากพื้นที่การจราจร (Course Dust)

(6) ขี้เถ้า (Ash) หมายถึง สารอนินทรีย์ที่เกิดจากจากการเผาไหม้เชื้อเพลิง

2.1.4 อนุภาคฝุ่นละออง Particulate Matter (PM)

ฝุ่นละออง คือ อนุภาคของแข็งขนาดเล็กที่ล่องลอยอยู่ในอากาศ ซึ่งเกิดจากวัตถุที่ถูกทุบตี บด กระแทก จนแตกออกเป็นชิ้นส่วนเล็กๆ เมื่อถูกกระแสลมก็จะปลิวกระจายตัวอยู่ในอากาศ และตกลงสู่พื้น ซึ่งเวลาในการตกจะช้าหรือเร็วขึ้นอยู่กับน้ำหนักของอนุภาคฝุ่น แหล่งกำเนิดของฝุ่นจะแสดงถึงคุณสมบัติความเป็นพิษของฝุ่นด้วย เช่น แอสเบสตอส ตะกั่ว ไฮโดรคาร์บอน กัมมันตรังสี

2.1.4.1 ประเภทของฝุ่นละออง

มีการจำแนกประเภทของฝุ่นตามขนาดของอนุภาคฝุ่น ไว้ 3 ประเภท

(1) อนุภาคฝุ่นทั้งหมด (Total Suspended Particulate: TSP) คือ อนุภาคฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า 100 ไมครอนทั้งหมด (ซึ่ง 1 ไมครอนเท่ากับ 0.000001 เมตร)

(2) อนุภาคฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน (PM10) คือ อนุภาคฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า 10ไมครอนทั้งหมด

(3) อนุภาคที่มีขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอน (PM2.5) คือ อนุภาคฝุ่นขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอนทั้งหมด มีขนาดเล็กมากดังภาพการเปรียบเทียบ ซึ่งเป็นการเปรียบเทียบขนาดอนุภาคฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอน กับเส้นผมมนุษย์ที่มีขนาดโดยทั่วไปประมาณ 50 ไมครอน

รูปที่ 2.1 แสดงการเปรียบเทียบขนาดของฝุ่นละอองขนาดเล็กที่มีผลกระทบต่อสุขภาพกับอนุภาคทรายและเส้นผม

(**ที่มา :**www.botcleanerpro.com/article/12/6-อันตรายจากฝุ่นในบ้าน-ที่ไม่ควรมองข้าม)

2.1.4.2 แหล่งกำเนิดของฝุ่นละออง

แหล่งที่มาของฝุ่นละอองในบรรยากาศ โดยทั่วไปจะแบ่งเป็น 2 ประเภท คือ

(1)ฝุ่นละอองที่เกิดจากกิจกรรมที่มนุษย์ (Natural Particle)

เกิดจากกระแสลมที่พัดผ่านตามธรรมชาติ ทำให้เกิดฝุ่น เช่น ดิน ทราย ละอองน้ำ เขม่า ควันจากไฟป่า ฝุ่นเกลือจากทะเล

(2)ฝุ่นละอองที่เกิดจากกิจกรรมที่มนุษย์ (Man-made Particle)

1) การคมนาคมขนส่ง ได้แก่ รถบรรทุกหิน ดิน ทราย ซีเมนต์หรือวัตถุที่ทำให้เกิดฝุ่นหรือดินโคลนที่ติดอยู่ที่ล้อรถ ขณะแล่นจะมีฝุ่นตกอยู่บนถนน แล้วกระจายตัวอยู่ในอากาศไอเสียจากรถยนต์ เครื่องยนต์ดีเซลปล่อยเขม่า ฝุ่น ควันดำ ออกมาถนนที่สกปรก มีดินทรายตกค้างอยู่มาก หรือมีกองวัสดุข้างถนนเมื่อรถแล่นจะทำให้เกิดฝุ่นปลิวอยู่ในอากาศการก่อสร้างถนนใหม่ หรือการปรับปรุงผิวจราจร ทำให้เกิดฝุ่นมากฝุ่นที่เกิดจากยางรถยนต์ และผ้าเบรก

2) การก่อสร้าง ได้แก่ การก่อสร้างหลายชนิด มักมีการเปิดหน้าดินก่อนการก่อสร้างซึ่งทำให้เกิดฝุ่นได้ง่าย เช่น อาคาร สิ่งก่อสร้าง การปรับปรุงสาธารณูปโภคการก่อสร้างอาคารสูง ทำให้ฝุ่นปูนซีเมนต์ถูกลมพัดออกมาจากอาคารการรื้อถอน ทำลาย อาคารหรือสิ่งก่อสร้าง

3) โรงงานอุตสาหกรรม ได้แก่ การเผาไหม้เชื้อเพลิง เช่น น้ำมันเตา ถ่านหิน ฟืน แกลบ เพื่อนำพลังงานไปใช้ในการผลิตกระบวนการผลิตที่มีฝุ่นออกมา เช่น การปั่นฝ้าย การเจียรโลหะ การเคลื่อนย้ายวัตถุดิบ

4) ฝุ่นจากการประกอบกิจกรรมอื่นๆ อาทิเช่น การทำความสะอาด การทำอาหาร การทาสีเป็นต้น

2.1.4.3 ผลกระทบของฝุ่นละออง

(1) สภาพบรรยากาศทั่วไป

ฝุ่นละอองจะลดความสามารถในการมองเห็น ทำให้ทัศนวิสัยไม่ดี เนื่องจากฝุ่นละอองในบรรยากาศเป็นอนุภาคของแข็งที่ดูดซับและหักเหแสงได้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับขนาดและความหนาแน่นและองค์ประกอบของฝุ่นละออง

(2) วัตถุและสิ่งก่อสร้าง

ฝุ่นละอองที่ตกลงมา นอกจากจะทำให้เกิดความสกปรกแก่บ้านเรือน อาคาร สิ่งก่อสร้างแล้ว ยังทำให้เกิดการทำลายและกัดกร่อนผิวหน้าของโลหะ หินอ่อน หรือวัตถุอื่นๆ เช่น รั้วเหล็ก หลังคาสังกะสี รูปปั้น

(3) สุขภาพอนามัยของมนุษย์

เป็นมลพิษในอากาศที่เป็นปัญหาหลักในกรุงเทพมหานคร และชุมชนขนาดใหญ่ จากกากวิจัยพบว่าฝุ่นละอองที่ก่อให้เกิดปัญหาต่อสุขภาพ เป็นฝุ่นละอองขนาดเล็ก ที่มีขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน โดยฝุ่นละอองขนาดเล็กนี้ สามารถเข้าไปในระบบทางเดินหายใจผ่านโพรงจมูกเข้าไปถึงถุงลมในปอด ทำให้เกิดการอักเสบ และการระคายเคืองเรื้อรัง และฝุ่นละอองจะมีพิษมากขึ้น หากฝุ่นละอองนั้นเกิดจากการรวมตัวของก๊าซบางชนิด เช่น ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ของไนโตรเจนเข้าไปในอนุภาคของฝุ่น โดยก่อให้เกิดการแพ้ และระคายเคืองผิวหนัง ทางเดินหายใจและดวงตาได้

1) ผลกระทบต่อปอดและระบบทางเดินหายใจโดยตรง เกิดจากการบาดเจ็บหรืออักเสบเพิ่มความไวต่อการติดเชื้อของระบบทางเดินหายใจ เพิ่มปฏิกิริยาตอบสนองของระบบทางเดินหายใจและอาการหอบหืด

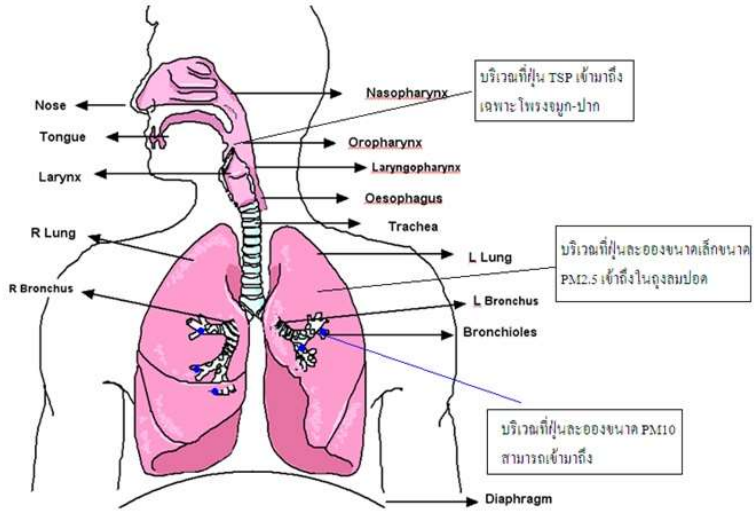
2) ผลกระทบต่อระบบอื่นเนื่องจากปอดและระบบทางเดินหายใจ ผลกระทบต่อหัวใจเนื่องจากสมรรถภาพการแลกเปลี่ยนออกซิเจนลดลง ทำให้ร่างกายต้องเพิ่มอัตราการหายใจ ส่งผลต่อการแข็งตัวของเลือด ซึ่งเพิ่มความเสี่ยงของอาการหัวใจวายผลต่อปริมาณเซลล์ในเลือด

3) ผลกระทบต่อหัวใจและระบบไหลเวียนโลหิต ฝุ่นเข้าไปในระบบไหลเวียนโลหิต ส่งผลต่อระบบประสาทอัตโนมัติที่ควบคุมการทำงานของหัวใจและระบบไหลเวียนโลหิต

4) กลุ่มอาการระบบทางเดินหายใจ กลุ่มอาการระบบทางเดินหายใจส่วนบน (Upper Respiratory Symptoms: URS) ได้แก่ อาการคัดจมูก น้ำมูกไหล เจ็บคอกลุ่มอาการระบบทางเดินหายใจส่วนล่าง (Lower Respiratory Symptoms: LRS) ได้แก่ อาการไอ มีเสมหะ หายใจมีเสียงวี้ด หายใจไม่สะดวก หายใจไม่อิ่ม แน่นหน้าอก

5) ผลกระทบระยะสั้น เพิ่มอัตราการเข้ารักษาตัวในโรงพยาบาล ด้วยโรคระบบ ทางเดินหายใจ และโรคระบบหัวใจรวมทั้งหลอดเลือด เพิ่มอัตราตายรายวัน

6) ผลกระทบระยะยาว เพิ่มอัตราการตายจากทุกสาเหตุ เพิ่มอัตราการตายด้วย โรคหัวใจและปอด เพิ่มอัตราการตายด้วยโรคมะเร็งปอด



รูปที่ 2.2 แสดงขนาดฝุ่นที่เข้าไปในร่างกายของมนุษย์

(**ที่มา :**http://es-cmu.blogspot.com/2012/07/blog-post_2827.html)

2.1.5 การตรวจวัดและเครื่องมือตรวจวัดสารมลพิษทางอากาศ

การตรวจวัดความเข้มข้นของสารมลพิษทางอากาศเป็นงานที่ต้องการความถูกต้องและละเอียดทั้งนี้วิธีการที่ใช้กันอยู่ในประเทศไทย อ้างอิงมาจากวิธีที่ได้รับการรับรองโดยองค์กรพิทักษ์สิ่งแวดล้อมของประเทศสหรัฐอเมริกา (United States Environmental Protection Agency: US.PEA) การตรวจวัดสามารถจำแนกได้ตามลักษณะของวัตถุประสงค์ ลักษณะของสารมลพิษ และสภาวะสิ่งแวดล้อมที่ทำการตรวจวัด เช่น อุณหภูมิ ความดัน ความชื้น เป็นต้น ซึ่งจะทำให้เทคนิคในการตรวจวัดนั้นแตกต่างกันออกไป การตรวจวัดสารมลพิษทางอากาศประกอบด้วยการตรวจภายในและภายนอกอาคาร การตรวจวัดแหล่งกำเนิด การตรวจวัดในสารประกอบการ การตรวจวัดเพื่อดูผลกระทบเฉพาะบุคคล และการตรวจวัดเพื่อวัตถุประสงค์อื่นๆ

การตรวจวัดความเข้มข้นของสารมลพิษทางอากาศแบ่งออกเป็น 2 รูปแบบ คือแบบที่ใช้อ้างอิง (Reference) และแบบเทียบเท่า (Equivalent) และยังแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือวิธีวิเคราะห์ด้วยเครื่องมือหรือโดยสารเคมีหรือในห้องปฏิบัติการ (Manual) และแบบใช้เครื่องมืออัตโนมัติ (Automated) ซึ่งโดยเฉพาะวิธีการวิเคราะห์อย่างต่อเนื่องอัตโนมัติจะใช้เครื่องมือที่มีหลักการตามที่กำหนดไว้ และนำมาใช้กันมากในปัจจุบัน เพราะให้ผลการตรวจที่ถูกต้องและรวดเร็ว

2.1.5.1 วัตถุประสงค์ในการตรวจวัดสารมลพิษทางอากาศในบรรยากาศ

(1) เพื่อทราบถึงระดับความเข้มข้นของสารมลพิษทางอากาศในบรรยากาศ

(2) เพื่อแสดงถึงระดับความเข้มข้นของสารมลพิษทางอากาศในพื้นที่นั้น

(3) เพื่อแสดงถึงผลกระทบจากแหล่งกำเนิดใกล้เคียงผลกระทบต่อสุขภาพของคนและผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

2.1.5.2 การเลือกตำแหน่งการตรวจวัดสารมลพิษทางอากาศ

(1) วัตถุประสงค์ของการตรวจวัดสารมลพิษทางอากาศ

(2) ชนิดของสารมลพิษทางอากาศและลักษณะทางอุตุนิยมวิทยาของพื้นที่ที่ทำการตรวจวัด

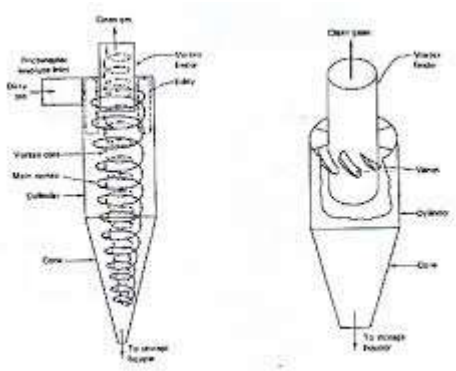
(3) ลักษณะโดยรอบของพื้นที่ เช่น การบังคับของสิ่งปลูกสร้าง

2.1.6 การตรวจวัดอนุภาคฝุ่นละออง

การตรวจวัดอนุภาคฝุ่นในบรรยากาศทั้งอนุภาคฝุ่นที่มีขนาดเล็กและขนาดใหญ่ มีหลักในการตรวจวัดเหมือนกัน คือ การใช้วิธีกราวิเมตริก (Gravimetric) เป็นการดูดตัวอย่างผ่านปั๊มและกระดาษกรอง จากนั้นหาปริมาณอนุภาคฝุ่น โดยการชั่งน้ำหนัก การตรวจวัดอนุภาคฝุ่นในบรรยากาศ สรุปได้ดังนี้

2.1.6.1 การตรวจวัดอนุภาคฝุ่นโดยใช้ไซโคลน (Cyclones)

เป็นอุปกรณ์ควบคุมมลพิษอากาศที่ใช้กลไกหลักในการแยกอนุภาค คือ แรงเหวี่ยงหรือแรงหนีศูนย์กลาง ซึ่งเกิดจากการทำให้กระแสก๊าซหรืออากาศเกิดการหมุนวนขึ้นภายในตัวไซโคลน ส่งผลให้อนุภาคถูกเหวี่ยงและกระทบกับผนังของไซโคลน จากนั้นอนุภาคจะตกลงเบื้องล่างด้วยแรงโน้มถ่วงของโลก ซึ่งจะประกอบด้วยชิ้นส่วนรูปทรงกระบอก (Cylinder) และมีปลายรูปกรวย (Cone) อากาศจะไหลหรือเคลื่อนที่เข้าสู่ไซโคลนที่ช่องอากาศเข้าที่ส่วนบนโดยไหลเข้าตามแนวสัมผัส เมื่ออากาศไหลผ่านเข้ามาในไซโคลนจะเกิดกระแสวน ไหลวนจากบนลงล่างของตัวไซโคลนโดยกระแสวนนี้ เมื่อเคลื่อนที่ลงไปจนเกือบถึงปลายโคลนแล้วจะเกิดกระแสวนกลับเคลื่อนที่จากด้านล่างขึ้นด้านบน โดยมีขนาดของกระแสวนเล็กกว่า Main Vortex และหมุนวนอยู่ด้านในของ Main Vortex เมื่อ Core Vortex เคลื่อนที่ถึงด้านบนของตัวไซโคลนจะไหลออกจากไซโคลนที่ทางออก ส่งผลให้อนุภาคถูกเหวี่ยงไปกระทบกับผนังและตกลงสู่เบื้องล่าง ส่วนอากาศที่สะอาดจะหมุนขึ้นผ่านท่อออกที่อยู่ด้านบนของไซโคลน

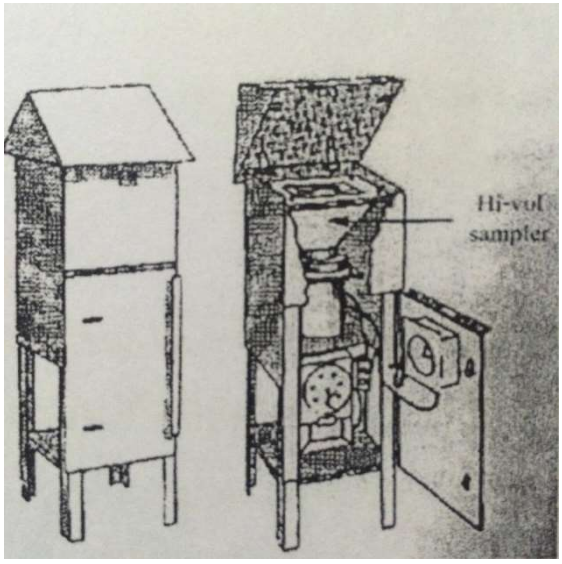


รูปที่ 2.3 อุปกรณ์เก็บฝุ่นแบบไซโคลน

(**ที่มา**: http://www.rmutphysics.com/charud/oldnews/182/cyclone.pdf)

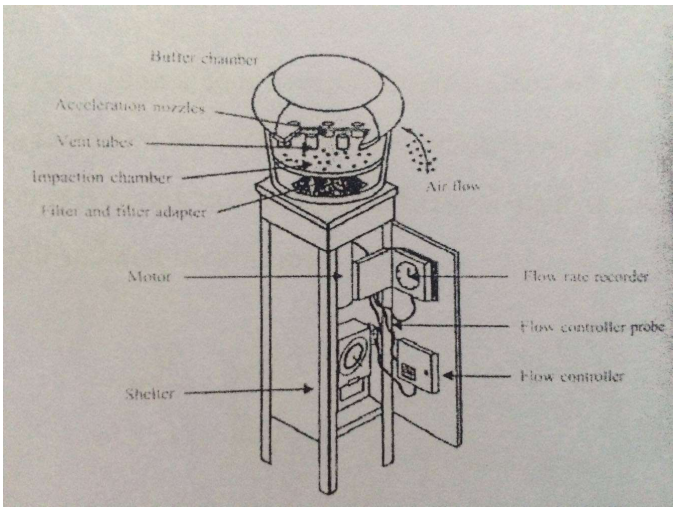
2.1.6.2 การตรวจวัดโดยใช้อุปกรณ์เก็บตัวอย่างปริมาตรสูง

อนุภาคฝุ่นหรืออนุภาคสารแขวนลอยทั้งหมดและอนุภาคฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน มีวิธีการอ้างอิงเป็นวิธีวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ โดยใช้อุปกรณ์เก็บตัวอย่างปริมาตรสูง (High-Volume) สำหรับการวัดฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า 100 ไมครอน (PM10) อุปกรณ์เก็บตัวอย่างปริมาตรสูงมีองค์ประกอบสำคัญ คือ ตัวสูบอากาศ กระดาษกรอง และอุปกรณ์บันทึกอัตราการไหล ในการเก็บตัวอย่างอนุภาคฝุ่นทั้งหมด อากาศจะถูกดูดผ่านกระดาษกรองในอัตราการไหล 40-60 ลูกบาตรฟุตต่อวินาที ทำให้อนุภาคฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า 0.3-100 ไมครอนถูกดักไว้ที่กระดาษกรองชนิดใยแก้ว (Glass Fiber) หรือกระดาษหรองชนิดเยื่อ (Member Filter) ความเข้มข้นของอนุภาคฝุ่นในบรรยากาศคำนวณได้จากน้ำหนักอนุภาคฝุ่นบนกระดาษกรองที่ชั่งได้กับปริมาตรของอากาศที่ผ่านกระดาษกรองดังกล่าว การเก็บตัวอย่างตามวิธีมาตรบานตัวอย่างต่อเนื่องตลอดเวลา 24 ชั่วโมง



รูปที่ 2.4 อุปกรณ์เก็บฝุ่นแบบ High-Volume

(**ที่มา :** Wight, 1994, p. 112)



รูปที่ 2.5 อุปกรณ์ตรวจวัดอนุภาคที่มีขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน

(**ที่มา :** Wight, 1994, p. 113)

อุปกรณ์ที่ใช้ตรวจวัดอนุภาคฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน มีพื้นฐานการทำงานเหมือนกับอุปกรณ์ เก็บตัวอย่างปริมาตรสูง แต่จะมีขั้นตอนการกำจัดอนุภาคที่มีขนาดใหญ่กว่า 10 ไมครอน ออกก่อนที่อากาศจะถูกดึงผ่านกระดาษกรอง การออกแบบได้อาศัยหลักการของการชนและการตกสู่พื้นอนุภาคฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอนเท่านั้นที่จะเคลื่อนที่ตามกระแสอากาศและตกอยู่บนกระดาษกรอง การตรวจสอบวัดอนุภาคฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน ใช้กระดาษกรองชนิดควอตซ์

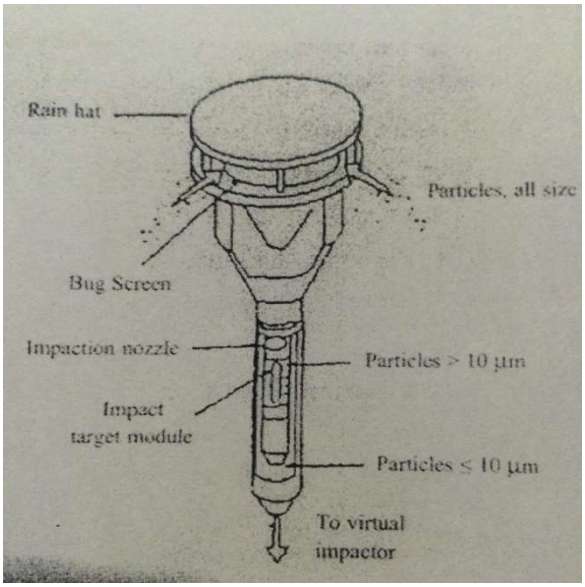
2.1.6.3 การตรวจวัดอนุภาคฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอน

คณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติได้กำหนดมาตรฐานค่าฝุ่นละอองมีขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน ในบรรยากาศโดยทั่วไป ค่าเฉลี่ยในเวลา 24 ชั่วโมง จะต้องไม่เกิน 0.05 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และค่ามัชฌิมเลขคณิต (Arithmetric Mean) ในเวลา 1 ปี จะต้องไม่เกิน 0.0125 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

วิธีการตรวจวัด (PM2.5) ในบรรยากาศ สามารถวัดด้วยวิธีกราวิเมตริก (Gravimetric Method) เป็นวิธีการมาตรฐานของ US.EPA. ซึ่งมีข้อกำหนดตามที่ระบุใน 40 CFR part 50, Appendix L;40 CFR part 53, Subpart E; และ 40 CFR part 58, Appendix A โดยมีหลักการตรวจวัด (Principle) ดังนี้

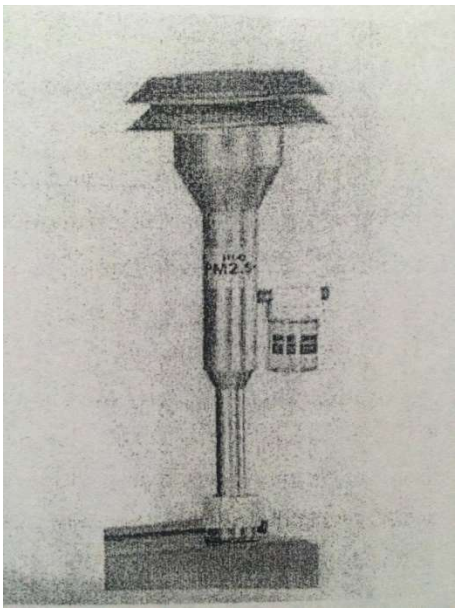
(1) เครื่องเก็บตัวอย่างอากาศ (Air Sample) จะดูดอากาศในบรรยากาศด้วยอัตราการไหลคงที่ เข้าสู่ช่องอากาศ (Inlet) ที่มีลักษณะพิเศษ และผ่านตัวคัดแยกขนาดของฝุ่นละอองที่ลักษณะเป็นแผ่นตกกระทบ (Impactor) โดยฝุ่นละอองที่มีขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน (PM25) จะถูกคัดแยกออกมาเพื่อรวบรวมไว้บนกระดาษกรองประเภท Polytetrafluoroethylene (PTFE) ตลอดช่วงเวลาการเก็บตัวอย่าง

(2) ชั่งน้ำหนักกระดาษกรองแต่ละแผ่นทั้งก่อนและหลังการเก็บตัวอย่าง เพื่อหาน้ำหนักสุทธิของ (PM25) ที่ได้สำหรับปริมาตรอากาศทั้งหมดคำนวณด้วยเครื่องตรวจวัด ได้จากอัตราการไหลของอากาศที่วัดได้ ณ อุณหภูมิและความดันบรรยากาศจริง และระยะเวลาในการเก็บตัวอย่าง ความเข้มข้นของ (PM25) ในบรรยากาศ คำนวณจากน้ำหนักของ (PM25) ทั้งหมด หารด้วยปริมาตรอากาศความเข้มข้นที่ได้มีหน่วยเป็นไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร



รูปที่ 2.6 เครื่องเก็บตัวอย่างอนุภาคฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอน

(**ที่มา**: US.EPA, 1999,p. 4-15)

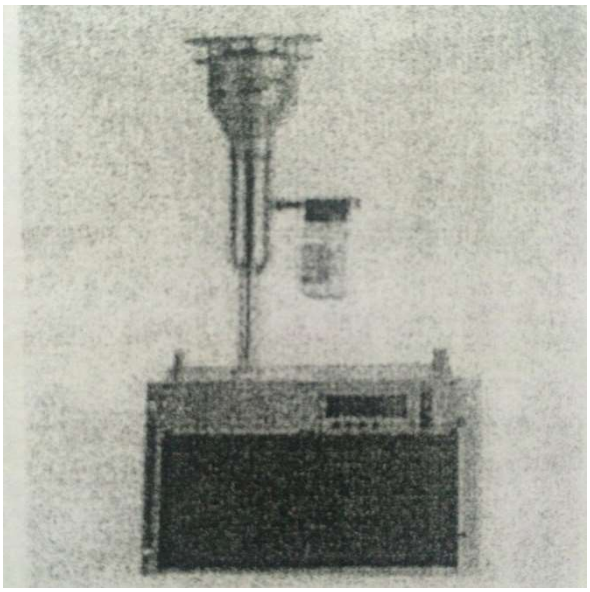


รูปที่ 2.7 หัวเก็บตัวอย่างอนุภาคฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอน

(**ที่มา** : Hi-Q Environmental Products, 2011)

2.1.6.4 วิธีการวัดระบบดูดกลืนรังสีบีตา (Beta Ray Absorption)

เป็นการตรวจวัดอนุภาคฝุ่นอย่างต่อเนื่อง โดยเมื่อดูดอากาศเข้ามาในระบบ อนุภาคฝุ่นจะตกลงมากระทบกระดาษกรอง ในขณะที่รังสีบีตาฉายผ่านกระดาษกรองอย่างต่อเนื่อง การวิเคราะห์ปริมาณอนุภาคฝุ่นได้จากความสัมพันธ์ของปริมาณรังสีที่ฉายและรังสีที่ผ่านกระดาษกรองออกมา เมื่ออนุภาคฝุ่นเกาะอยู่และนำไปเทียบหาความเข้มข้นของอนุภาคฝุ่นที่ตรวจ หากปริมาณแตกต่างกันมาก แสดงว่ามีปริมาณอนุภาคฝุ่นมากเช่นกัน

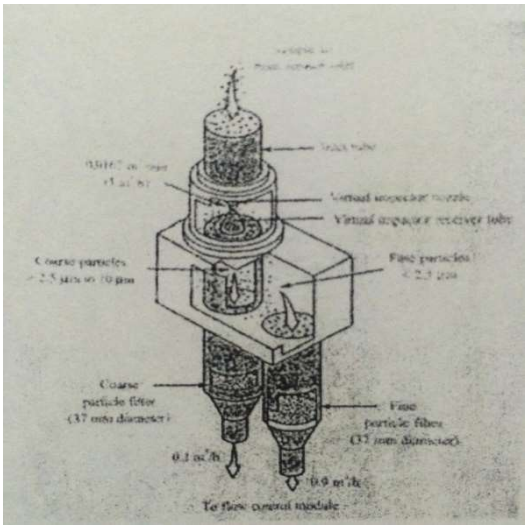


รูปที่ 2.8 เครื่องตรวจวัดอนุภาคฝุ่นด้วยระบบดูดกลืนรังสีบีตา

(**ที่มา**: H.Garry, S. Dieter 2008, p. 19)

2.1.6.5 วิธีการตรวจวัดอนุภาคฝุ่นด้วยอุปกรณ์เก็บตัวอย่างแบบไดโคโตมัส

การตรวจวัดอนุภาคฝุ่นด้วยอุปกรณ์เก็บตัวอย่างฝุ่นแบบไดโคโตมัส (Dichotomous Sampler) เป็นการตรวจวัดอนุภาคฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอน และอนุภาคฝุ่นที่มีขนาดระหว่าง 2.5-20 ไมครอน โดยใช้เครื่องมือเดียวกัน

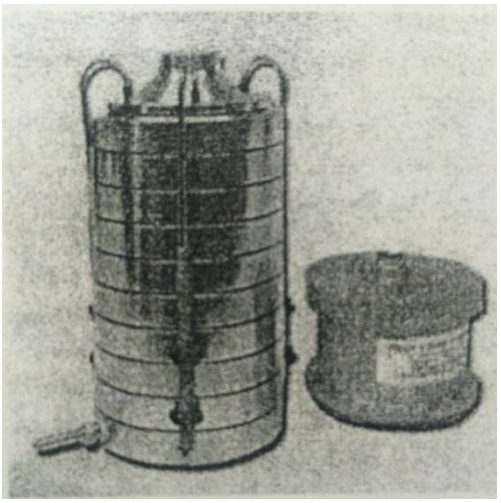


รูปที่ 2.9 การเก็บอนุภาคฝุ่นด้วยระบบไดโคโตมัส

(**ที่มา**:Wight, 1994, p. 117)

2.1.6.6 เครื่องเก็บตัวอย่างอนุภาคฝุ่นแยกขนาด

ถูกนำมาใช้ในการศึกษาเพื่อหาปริมาณของอนุภาคฝุ่นขนาดต่างๆ (Particle Size Distribution) การทำงานของเครื่องมืออาศัยหลักการชน สามารถเก็บตัวอย่างอนุภาคได้มากถึง 8 ขนาด

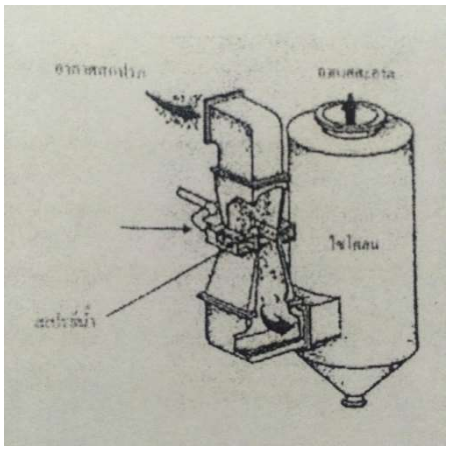


รูปที่ 2.10 เครื่องเก็บอนุภาคฝุ่นแยกขนาด

(**ที่มา**: Envco Environmental Equipment, 2011)

2.1.6.7 เครื่องเก็บอนุภาคฝุ่นพ่นจับแบบเวนจูรี

เป็นอุปกรณ์ควบคุมมลพิษอากาศชนิดอนุภาคซึ่งใช้ของเหลวในการดักจับอนุภาคได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยมีหลักการทำงานที่สำคัญคือ การทำให้อากาศเสียไหลผ่านของเหลว ซึ่งการไหลผ่านของเหลวนี้สามารถทำได้หลายวิธี คือ อาจฉีดพ่นของเหลวให้เป็นละอองฝอยสู่กระแสอากาศหรือให้กระแสอากาศไหลผ่านแผ่นฟิล์มของเหลว เมื่ออนุภาคที่อยู่ในกระแสอากาศเคลื่อนที่เข้าใกล้ละอองหรือหยดน้ำจะสัมผัสกับหยดน้ำเกิดกลไกในการดักจับอนุภาคที่สำคัญ 3 กลไก คือ การกระทบเนื่องจากความเฉื่อย การสกัดกั้นโดยตรง และการแพร่ (กลไกที่สำคัญที่สุด คือ กลไกกระทบเนื่องจากความเฉื่อย) ทำให้อนุภาคถูกดักจับโดยน้ำ หลังจากนั้นของเหลวหรือน้ำจะต้องถูกทำให้แยกออกจากกระแสของอากาศ โดยน้ำที่แยกได้ต้องนำไปบำบัดก่อนนำกลับมาใช้ใหม่หรือระบายทิ้งต่อไป

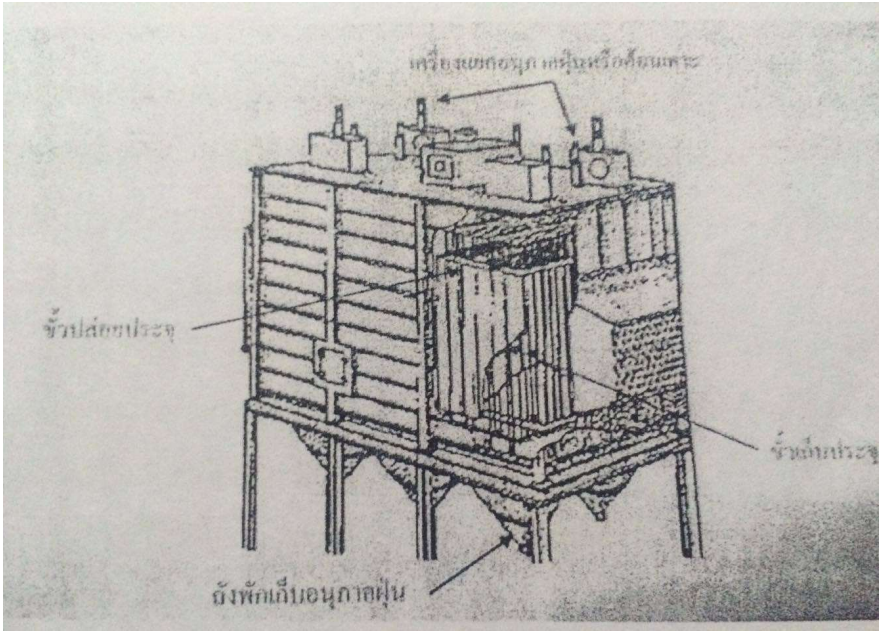


รูปที่ 2.11 เครื่องเก็บอนุภาคฝุ่นพ่นจับแบบเวนจูรี

(**ที่มา**: Beacher&jahnke, 1981, p. 9-32)

2.1.6.8 เครื่องเก็บอนุภาคฝุ่นด้วยไฟฟ้าสถิต (Electrostatic Precipitators; ESP)

ใช้แรงไฟฟ้าในการแยกอนุภาคออกจากการกระแสของอากาศได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงโครงสร้างรูปแบบซึ่งโดยทั่วไปใน ESP จะมีขั้วไฟฟ้า (Electrode) อยู่ 2 ชนิด คือ 1) ขั้วปล่อยประจุ (Discharge or Corona Electrode) ซึ่งทำวัสดุที่มีหน้าตัดเล็กๆ เช่น เส้นลวด (Wire) หรือเป็นแผ่นบางๆ (Flat Plate) เป็นต้น ซึ่งโดยปกติขั้วปล่อยประจุนี้จะเป็นขั้วลบ และ 2) ขั้วเก็บ (Collection Electrode) ซึ่งปกติจะต่อสายดินและออกแบบขั้วเก็บให้มีพื้นที่ผิวกว้างในรูปของแผ่น (Plate) หรือท่อ (Tube) สำหรับหลักการทำงานของ ESP คือ การปล่อยให้อากาศไหลผ่านขั้วไฟฟ้าเข้าไปในสนามไฟฟ้าสถิต ทำให้อนุภาคเคลื่อนที่เข้าหาและถูกเก็บกักที่พื้นผิวของขั้วเก็บที่มีศักย์ไฟฟ้าตรงกันข้ามกับประจุของอนุภาค จะเห็นได้ว่ากลไกที่สำคัญใช้ในการเก็บกักอนุภาคของ ESP คือ กลไกการดึงดูดโดยแรงไฟฟ้าสถิต มีประสิทธิภาพในการเก็บอนุภาคฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า 1 ไมครอนได้ถึงร้อยละ 99.5



รูปที่ 2.12 เครื่องเก็บอนุภาคฝุ่นด้วยไฟฟ้าสถิต

(**ที่มา**: Mucock, McKenna&Theodonre, 1995, p. 28)

2.1.7 กฎหมายที่เกี่ยวข้องกับการควบคุมมลพิษทางอากาศและมาตรฐานคุณภาพอากาศ

การจัดการเพื่อลดปัญหาด้านมลพิษทางอากาศสามารถทำได้หลายวิธี ทั้งการติดตั้งระบบบำบัด ควบคุม หรือดักเก็บสารมลพิษทางอากาศก่อนปล่อยสู่ชั้นบรรยากาศ การใช้มาตรฐานหรือมาตรการทางกฎหมาย สำหรับประเทศไทยใช้กฎหมายที่บัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อม พ.ศ. 2535 เป็นหลัก และได้มีการปรับปรุงให้เหมาะกับยุคสมัย ทั้งกฎหมายที่เกี่ยวข้องกับการระบายสารมลพิษทางอากาศจากแหล่งกำเนิดต่างๆ

2.1.7.1 มาตรฐานการปล่อยสารมลพิษทางอากาศ

กรมการควบคุมมลพิษได้ออกประกาศ ณ วันที่ 24 มกราคม พ.ศ. 2546 เกี่ยวกับเครื่องวัดหาค่าเฉลี่ยของก๊าซหรืออนุภาคฝุ่น ซึ่งทำงานโดยระบบอื่นที่กรมควบคุมมลพิษ สามารถนำไปใช้ตรวจวัดสารมลพิษทางอากาศได้ เช่นเดียวกับวิธีการมาตรฐาน สรุปได้ดังนี้

(1) เครื่องวัดหาค่าเฉลี่ยของก๊าซโอโซนเวลา 1 ชั่วโมง ระบบอัลตร้าไวโอเลตแอบ-ซอปชัน โฟโตเมตรี (Ultraviolet Absorption Photometry) ที่ใช้หลักการให้แสดงทำปฏิกิริยากับก๊าซโอโซนและวัดการดูดกลืนคลื่นแสงที่มีความยาวคลื่น 254 นาโนเมตร

(2) เครื่องวัดหาค่าเฉลี่ยของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในเวลา 1 ชั่วโมง ระบบพาราโร-ซานิลีน ที่หลักการดูดอากาศผ่านสารละลายโพแทสเซียมเททระคลอโรเมอคิวเรตเพื่อให้เกิดเป็นสารไดคลอโรซัลโฟโตเมอคิวเรต คอมเพล็กซ์ ซึ่งเมื่อทำปฏิกิริยากับสารพาราซานิลีน เอทิล ซัลโฟนิก แอซิต จากนั้นนำสารที่ได้มากตรวจวัดค่าความสามารถในการดูดกลืนคลื่นแสงที่มีความยาวคลื่น 548 นาโนเมตร

(3) เครื่องวัดหาค่าเฉลี่ยนของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในเวลา 24 ชั่วโมง หรือในเวลา 1 ปี ระบบ อัลตร้าไวโอเลต ฟลูออเรสเซนซ์ ที่ใช้หลักการให้แสงอัลตร้าไวโอเลตทำปฏิกิริยากับก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์และวัดการดูดกลืนคลื่นแสงที่มีความยาวคลื่นระหว่าง 190 ถึง 230 นาโนเมตร

(4) การหาค่าเฉลี่ยของอนุภาคฝุ่นขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน ในเวลา 24 ชั่วโมงหรือในเวลา 1 ปี โดยใช้เครื่องวัดในระบบใดระบบหนึ่งดังนี้

1) เครื่องวัดระบบบีตาเรย์ ที่ใช้หลักการฉายรังสีบีตาไปยังแผ่นอนุภาคฝุ่นแบบแผ่นกรองซึ่งดูดผ่านหัวคัดขนาดสำหรับอนุภาคฝุ่นขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน และวัดความสามารถในการดูดซับรังสีบีตาเพื่อนำมาแปลงเป็นค่าเฉลี่ยของอนุภาคฝุ่นในบรรยากาศ

2) เครื่องวัดระบบเทปเปอเอลิเมนต์ออสซิเลติงไมโครบาลานซ์ ที่ใช้หลักการดูดอากาศผ่านหัวคัดขนาดสำหรับอนุภาคฝุ่นไม่เกิน 10 ไมครอน เพื่อให้อนุภาคฝุ่นตกสะสมบนแผ่นกรองในขณะสั่นสะเทือนและแปลงค่าความสั่นสะเทือนและแปลงค่าความสั่นสะเทือนที่เกิดขึ้นเป็นค่าเฉลี่ยของอนุภาคฝุ่นในบรรยากาศ

3) เครื่องวัดระบบไตโคโตมัส ที่ใช้หลักการดูดอากาศผ่านหัวคัดขนาดสำหรับอนุภาคฝุ่นไม่เกิน 10 ไมครอน ให้ตกกระทบกับอุปกรณ์คัดแยกอนุภาคฝุ่น (Virtual Impactor) เพื่อแยกอนุภาคฝุ่นออกเป็น 2 ขนาด คือ ขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน และขนาดตั้งแต่ 10 ไมครอน แล้วนำแผ่นกรองทั้งสองมาชั่งน้ำหนักรวมของอนุภาคฝุ่นทั้งหมด

(5) การหาค่าอนุภาคฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอน ในบรรยากาศโดยทั่วไปใช้วิธีมาตรฐาน Federal Reference Method (FRM) ตาที่องค์การพิทักษ์สิ่งแวดล้อมแหล่งประเทศสหรัฐอเมริกา (US.EPA) กำหนดหรือวิธีอื่นที่กรมควบคุมมลพิษประกาศในราชกิจจานุเบกษา

ตารางที่ 2.1 มาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศทั่วไปของประเทศไทย กรมควบคุมมลพิษ (ที่สภาวะมาตรฐาน 25 องศาเซลเซียส และความดัน 1 บรรยากาศ)

สารมลพิษ	ค่ามาตรฐาน (มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)					วิธีการตรวจวัด
	1 ชม.	8 ชม.	24 ชม.	1 เดือน	1 ปี	
คาร์บอนมอนอกไซด์	34.2	10.26	-	-	-	นอนดิสเพอร์ซิฟ อินฟาเรด ดีเทกชัน
ไนโตรเจนไดออกไซด์	0.32	-	-	-	-	เคมีลูมิเนสเซนซ์
ซัลเฟอร์ไดออกไซด์	0.30	-	0.30	-	0.10	พาราโรซานิลีน
อนุภาคฝุ่น (TSP)	-	-	0.33	1.5	0.10	กราวิเมตริก ไฮ-โวลุม
อนุภาคฝุ่น (PM-10)	-	-	0.12	-	0.05	
อนุภาคฝุ่น (PM-25)	-	-	0.05	-	0.025	
โอโซน	0.20	-	-	-	-	เคมีลูมิเนสเซนซ์
ตะกั่ว	-	-	0.01	0.0015	-	อะตอมมิก แอบซอปชัน สเปกทีมิเตอร์

(**ที่มา**: กรมควบคุมมลพิษ 2550)

การควบคุมมลพิษได้กำหนดค่าเฝ้าระวังสำหรับสารอินทรีย์ระเหยง่ายในบรรยากาศโดยทั่วไปในเวลา 24 ชั่วโมง คณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติได้ออกประกาศ เรื่องกำหนดค่ามาตรฐานสารอินทรีย์ระเหยง่ายในบรรยากาศโดยทั่วไปในเวลา 1 ปี ดังตาราง

ตารางที่ 2.2 กำหนดค่าเฝ้าระวังสำหรับสารอินทรีย์ระเหยง่ายในบรรยากาศโดยทั่วไปในเวลา 24 ชั่วโมง

สารอินทรีย์ระเหยง่าย	ค่าเฝ้าระวัง(ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)
1. อะซิทัลดีไฮด์ (Acetaldehyde)	ต้องไม่เกิน 860
2.อะครอลีน (Acrolein)	ต้องไม่เกิน 0.55
3. อะคลิโลไนไตร (Acrylonitrile)	ต้องไม่เกิน 10
4. เบนซีน (Benzene)	ต้องไม่เกิน 7.6
5. เบนซิลคลอไรด์ (Benzyl Chloride)	ต้องไม่เกิน 12
6. 1,3-บิวทาไดอีน (1,3-Butadiene)	ต้องไม่เกิน 5.3
7. โบรโมมีเทน (Bromomethane)	ต้องไม่เกิน 190
8. คาร์บอนเททระคลอไรด์ (Carbon Tetrachloride)	ต้องไม่เกิน 150
9. คลอโรฟอร์ม (Chloroform)	ต้องไม่เกิน 57
10. 1,2-ไดโบรโมอีเทน (1,2-Dibromoethane)	ต้องไม่เกิน 370
11. 1,4-ไดคลอโรเบนซีน (1,4-Dichlorobenzene)	ต้องไม่เกิน 1,100
12. 1,2-ไดคลอโรอีเทน (1,2-Dichloroethane)	ต้องไม่เกิน 48
13. ไดคลอโรมีเทน (Dichloromethane)	ต้องไม่เกิน 210
14. 1,2-ไดคลอโรโพรเพน (1,2-Dichloropoepane)	ต้องไม่เกิน 82
15. 1,4-ไดออกเซน (1,4-Dioxane)	ต้องไม่เกิน 860
16. เททระคลอโรเอทิลีน (Tetrachloroethylene)	ต้องไม่เกิน 400
17. ไทรคลอโรอีเทน (Teichloroethane)	ต้องไม่เกิน 130
18. ไวนิลคลอไรด์ (Vinyl Chloride)	ต้องไม่เกิน 20

(**ที่มา**: ประกาศกรมควบคุมมลพิษ เรื่องกำหนดค่าเฝ้าระวังสำหรับสารอินทรีย์ระเหยง่ายในบรรยากาศโดยทั่วไปในเวลา 24 ชั่วโมง ประกาศในราชกิจนุเบกษา เล่ม 26 ตอนพิเศษ13 ง วันที่ 27 มกราคม 2550)

2.1.7.2 มาตรฐานการปล่อยสารมลพิษทางอากาศจากยานพาหนะ

กรมควบคุมมลพิษ (2548) ได้กำหนดค่ามาตรฐานการปล่อยมลพิษทางอากาศจากยานพาหนะทางบก ซึ่งสรุปได้ดังนี้

(1) ค่ามาตรฐานการปล่อยก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์และก๊าซไฮโดรคาร์บอนสำหรับรถยนต์เบนซิน กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อมได้กำหนดมาตรฐานค่าก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์และก๊าซไฮโดรคาร์บอนจากท่อไอเสียของรถยนต์ที่ใช้เครื่องยนต์แก๊สโซลีน ลงวันที่ 23 มิถุนายน พ.ศ. 2540 สำหรับรถจอดอยู่กับที่หรือเมื่อรถแล่นอยู่บนทางเดินรถ ปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์และก๊าซไฮโดรคาร์บอนในไอเสียขณะเครื่องยนต์เดินเบา ทำการตรวจวัดด้วยเครื่องมือระบบนอนดิสเพอร์ซิฟอินฟาเรด (NDIR) โดยมีค่ามาตรฐานดังนี้

1) ค่ามาตรฐานไอเสียจากท่อไอเสียรถยนต์ที่จดทะเบียนก่อนวันที่ 1 พฤศจิกายน 2536 จะต้องมีค่าก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ไม่เกินร้อยละ 4.5 และค่าก๊าซไฮโดรคาร์บอนไม่เกิน 600 ส่วนในล้านส่วน

2) ค่ามาตรฐานไอเสียจากท่อไอเสียรถยนต์ที่จดทะเบียนตั้งแต่วันที่ 1 พฤศจิกายน 2536 จะต้องมีค่าก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ไม่เกินร้อยละ 1.5 และค่าก๊าซไฮโดรคาร์บอนไม่เกิน 200 ส่วนในล้านส่วน

(2) ค่ามาตรฐานสำหรับมลพิษทางอากาศจากจักรยานยนต์ กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม (กรมควบคุมมลพิษ, 2548) ได้กำหนดมาตรฐานค่าก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์และก๊าซไฮโดรคาร์บอนจากรถจักรยานยนต์ ดังนี้

1) ปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ในไอเสียของรถจักรยานยนต์ ต้องไม่เกินร้อยละ 4.5 โดยปริมาตร ทำการตรวจวัดขณะเครื่องยนต์เดินเบาด้วยเครื่องมือระบบนอนดิสเพอร์ซิฟอินฟาเรด (NDIR)

2) ปริมาณก๊าซไฮโดรคาร์บอนในไอเสียของรถจักรยานยนต์ ต้องไม่เกิน 10,000 ส่วนในล้านส่วน ทำการตรวจสอบวัดขณะเครื่องยนต์เดินเบา ด้วยเครื่องมือระบบนอนดิสเพอร์ซิฟอินฟาเรด (NDIR)

(3) ค่ามาตรฐานควันดำจากเครื่องยนต์ดีเซล กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม (กรมควบคุมมลพิษ, 2548) ได้กำหนดมาตรฐานและวิธีการตรวจวัดค่าควันดำจากท่อไอเสียของรถยนต์ที่ใช้เครื่องยนต์ดีเซล ลงวันที่ 9 กันยายน 2541 ดังนี้

1) เมื่อรถยนต์จอดอยู่กับที่หรือเมื่อรถยนต์แล่นอยู่บนทางเดินรถ (การตรวจวัดขณะเครื่องยนต์ไม่มีภาระ) ได้กำหนดมาตรฐานไว้ดังนี้

2) ค่าควันกำสูงสุดไม่เกินร้อยละ 45 ที่ระยะความยาวของทางเดินแสงมาตรฐาน เมื่อตรวจวัดด้วยเครื่องมือวัดควันดำระบบวัดความทึบแสง

3) ค่าควันดำสูงสุดไม่เกินร้อยละ 50 ที่ระยะความยาวของทางเดินแสงมาตรฐาน เมื่อตรวจวัดเครื่องมือวัดควันดำระบบกระดาษกรอง

4) เมื่อรถยนต์อยู่ในเครื่องทดสอบ (การตรวจวัดขณะเครื่องยนต์มีภาระและอยู่บนเครื่องทดสอบ) ได้กำหนดมาตรฐานได้ดังนี้

5) ค่าควันดำสูงสุดไม่เกินร้อยละ 35 ที่ระยะความยาวของทางเดินแสงมาตรฐาน เมื่อตรวจวัดด้วยเครื่องมือวัดควันดำระบบทึบแสง

6) ค่าควันดำสูงสุดไม่เกินร้อยละ 40 ที่ระยะความยาวของทางเดินแสงมาตรฐาน เมื่อตรวจวัดด้วยเครื่องมือวัดควันดำระบบทึบแสง

หมายเหตุ ในกรณีที่รถยนต์ที่มีท่อไอเสียมากกว่า 1 ท่อ ให้ตรวจวัดควันดำจากท่อไอเสียที่มีควันดำออกมามากที่สุด

(4) มาตรฐานควันขาวของรถจักรยานยนต์ กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อม (กรมควบคุมมลพิษ, 2548) ได้กำหนดมาตรฐานและวิธีการตรวจวัดควันขาวของรถจักรยานยนต์ (ลงวันที่ 15 กุมภาพันธ์ 2542) โดยค่ามาตรฐานควันขาวจากท่อไอเสียรถยนต์ ต้องไม่เกินร้อยละ 30 เมื่อตรวจวัดด้วยเครื่องมือวัดควันขาวปัญหามลพิศทางอากาศเป็นปัญหาที่เกิดขึ้นอันเนื่องมาจากการปล่อยสารพิษสู่บรรยากาศ ส่งผลกระทบต่อสุขภาพของมนุษย์และสิ่งแวดล้อม วิธีการจัดการเพื่อแก้ไขปัญหามลพิษทางอากาศที่มีประสิทธิภาพมากที่สุด คือ การลดการปล่อยสารมลพิษอากาศ

ออกสู่บรรยากาศ ซึ่งทำได้ทั้งการติดตั้งระบบดักเก็บอนุภาคฝุ่นและก๊าซจากแหล่งกำเนิดอุตสาหกรรม การเลือกใช้อุปกรณ์ดักเก็บสารมลพิษ

2.2 การจำแนกกลุ่มตัวแปรด้วยเทคนิค การวิเคราะห์ค่าสหสัมพันธ์ (Correlation Analysis)

สหสัมพันธ์ (Correlation) เป็นการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตั้งแต่ 2 ตัวขึ้นไป (หรือข้อมูล 2 ชุดขึ้นไป) ตัวอย่างการศึกษาความสัมพันธ์ เช่น หาค่าสหสัมพันธ์ระหว่างเจตคติวิชาการจัดการมลพิษกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หาความสัมพันธ์ระหว่างขวัญและกำลังใจในการทำงานกับประสิทธิภาพในการทำงาน เป็นต้น ในการพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรว่ามีมากน้อยเพียงใดนั้น จะใช้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation Coefficient) ซึ่งวิธีการทางสถิติสำหรับการคำนวณหาค่าสัมประสิทธิสหสัมพันธ์มีหลายชนิด ซึ่งโดยวิธีการทางสถิติมีอยู่หลายวิธี การใช้สถิติตัวใดขึ้นอยู่กับลักษณะของตัวแปรหรือระดับของการวัดในตัวแปรนั้นๆ ดังนั้น สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ จึงมีทั้งแบบที่เป็นสถิติพาราเมตริกและสถิตินอนพาราเมตริก การเลือกใช้เครื่องมือแบบใดนั้นขึ้นอยู่กับเงื่อนไขหลายประการ

ในการวัดความสัมพันธ์แต่ละแบบจะต้องมีการทดสอบนัยสำคัญก่อน จึงจะสรุปได้ว่าตัวแปรคู่ใดมีความสัมพันธ์กันจริงหรือไม่ มากน้อยเพียงใด สำหรับการแปลผลจะมองในแง่ของความเกี่ยวพัน ความสอดคล้อง การแปรผันร่วมกัน หรือไปด้วยกัน แต่ไม่ได้หมายความว่าตัวแปรหนึ่งเป็นเหตุและอีกตัวแปรเป็นผล (หรือไม่สามารถระบุได้ว่าตัวแปรไหนเป็นตัวแปรต้นหรือตัวแปรตาม) เช่น ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างส่วนสูงกับน้ำหนัก เราไม่สามารถบอกได้ว่าส่วนสูงหรือน้ำหนักตัวใดเป็นเหตุ และตัวใดเป็นผล บอกได้เพียงว่ามีความสัมพันธ์กันหรือไม่ และมีขนาดของความสัมพันธ์กันมากน้อยเพียงใด

ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ โดยทั่วไปนิยมใช้สัญลักษณ์ r แทนสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของกลุ่มตัวอย่าง (บางชนิดจะใช้สัญลักษณ์ C, W หรืออื่นๆ) และ ρแทนสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของประชากร ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ที่ใช้วัดขนาดของความสัมพันธ์กันระหว่างตัวแปร มี 2 ลักษณะ คือ $-1 \leq r \leq 1$ และ $0 \leq r \leq 1$

ในการบอกระดับหรือขนาดของความสัมพันธ์ จะใช้ตัวเลขของค่าสัมประสิทธ์สหสัมพันธ์ หากค่าสัมประสิทธ์สหสัมพันธ์มีค่าเข้าใกล้ -1 หรือ 1 แสดงถึงการมีความสัมพันธ์กันในระดับสูง แต่หากมีค่า

เข้าใกล้ 0 แสดงถึงการมีความสัมพันธ์กันในระดับน้อย หรือไม่มีเลย สำหรับการพิจารณาค่าสัมประสิทธ์สหสัมพันธ์ โดยทั่วไปอาจใช้เกณฑ์ดังนี้ (Hinkle D. E. 1998, p.118)

ค่า r	ระดับของความสัมพันธ์
0.90 - 1.00	มีความสัมพันธ์กันสูงมาก
0.70 - 0.90	มีความสัมพันธ์กันในระดับสูง
0.50 - 0.70	มีความสัมพันธ์กันในระดับปานกลาง
0.30 - 0.50	มีความสัมพันธ์กันในระดับต่ำ
0.00 - 0.30	มีความสัมพันธ์กันในระดับต่ำมาก

เครื่องหมาย +, - หน้าตัวเลขสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ จะบอกถึงทิศทางของความสัมพันธ์ โดยที่หาก

r มีเครื่องหมาย + หมายถึง การมีความสัมพันธ์กันไปในทิศทางเดียวกัน (ตัวแปรหนึ่งมีค่าสูง อีกตัวหนึ่งจะมีค่าสูงไปด้วย)

r มีเครื่องหมาย - หมายถึง การมีความสัมพันธ์กันไปในทิศทางตรงกันข้าม (ตัวแปรหนึ่งมีค่าสูง ตัวแปรอีกตัวหนึ่งจะมีค่าต่ำ)

ยกเว้นค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์บางชนิดที่มีลักษณะ $0 \leq r \leq 1$ ซึ่งจะบอกได้เพียงขนาดหรือระดับของความสัมพันธ์เท่านั้น ไม่สามารถบอกทิศทางของความสัมพันธ์ได้

ในการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรสองตัว (Bivariate Correlation) บางครั้งจะเรียกว่าตัวแปรอิสระว่า "ตัวแปรทำนาย: Predictor Variable" และเรียกตัวแปรอีกตัวว่า "ตัวแปรเกณฑ์: Criterion Variable" โดยปกติจะเป็นตัวแปรตาม แต่การที่จะทราบว่าตัวแปรทำนายตัวแปรใดเป็นตัวแปรเกณฑ์ ขึ้นอยู่กับแต่ละงานวิจัย ในการวิเคราะห์ค่าสหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร ถ้าหากทั้งสองตัวแปรมีระดับการวัดอันตรภาค (Interval Scale) หรืออัตราส่วน (Ration Scale) เรียกว่าการวิเคราะห์โดยใช้พาราเมทริก (Parametric Procedure) แต่ถ้ามีระดับการวัดมาตรานามบัญญัติ (Nominal Scale) หรือมาตราเรียงอันดับ (Ordinal Scale) จะเรียกว่าการวิเคราะห์แบบไม่ใช้พาราเมทริก (Nonparametric Procedure)

ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ในสถิตินอนพาราเมตริก ใช้ในการหาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรที่มีมาตรวัดได้ตั้งแต่นามบัญญัติขึ้นไป และไม่เจาะจงชนิดของการแจกแจงความน่าจะเป็นของข้อมูล มีหลายแบบคือ

1) สถิติไคสแควร์สำหรับการทดสอบความเป็นอิสระต่อกัน (Chi-square Test for Independence)

2) สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ฟาย

3) สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์คอนติงเจนซี

4) สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบสเปียร์แมน

5) สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบพอยท์ไบซีเรียล

6) สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบไบซีเรียล

7) สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เตตราคอห์ริค

ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในสถิติพาราเมตริก เป็นการหาความสัมพันธ์สำหรับตัวแปรที่มีมาตรวัดอันตรภาค หรืออัตราส่วน และมีการแจกแจกความน่าจะเป็นแบบปกติ ซึ่งได้แก่ สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน และสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบแยกส่วน

2.2.1 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สัน (Pearson's Correlation Coefficient)

การคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สันหรือเรียกว่า สหสัมพันธ์อย่างง่าย (Simple Correlation) โดยใช้สัญลักษณ์ r ข้อมูลหรือระดับการวัดของตัวแปรแต่มาตราอันตรภาค ถึงมาตราอัตราส่วน โดยการหาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรนั้นมักจะใช้สัญลักษณ์ของตัวแปรเป็นตัวแปร x และ Y โดยค่าสหสัมพันธ์เพียร์สัน (r) จะมีคุณสมบัติดังนี้ (1) ถ้า r เป็นการวัดความสัมพันธ์เชิงเส้น (2) ถ้า r จะอยู่ระหว่าง -1 ถึง 1 (3) ถ้า r จะมีลักษณะเหมือนความชันของเส้นการถดถอย (4) ถ้า r จะไม่เปลี่ยนแปลงเมื่อตัวแปรอิสระ (X) และตัวแปรตาม (Y) เปลี่ยนไปแบบเดียวกัน (5) ถ้า r จะไม่เปลี่ยนแปลงถ้าค่าสเกล (Scale) ของตัวแปรใดตัวแปรหนึ่งเปลี่ยนไป (ค่าของตัวแปร X หรือ Y) และ (6) ถ้า r มีการแจกแจงแบบเดียวกันกับที (Student Distribution)

2.2.2 ทิศทางของความสัมพันธ์(Direction of the Relationship)

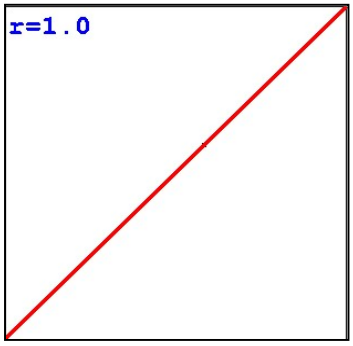
ในการหาลักษณะความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรนั้นเราสามารถสร้างแผนภาพแบบ Scatter Plot เพื่อดูทิศทางของความสัมพันธ์ได้ โดยมีลักษณะความสัมพันธ์ 3 แบบคือ

1) สหสัมพันธ์ทางบวก (Positive Correlation) หมายถึงเมื่อตัวแปรตัวหนึ่งเพิ่มหรือลดลงอีกตัวแปรหนึ่งก็จะเพิ่มขึ้นหรือลดลงไปด้วย

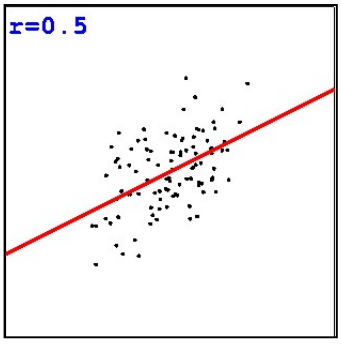
2) สหสัมพันธ์ทางลบ (Negative Correlation) หมายถึงเมื่อตัวแปรตัวหนึ่งมีค่าเพิ่มขึ้นหรือลดลงอีกตัวหนึ่งจะมีค่าเพิ่มหรือลดลงตรงข้ามเสมอ

3) สหสัมพันธ์เป็นศูนย์ (Zero Correlation) หมายถึงตัวแปรสองตัวไม่มีความสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน

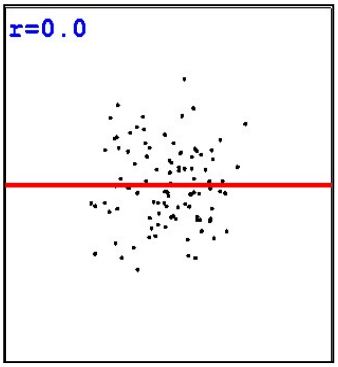
โดยตัวอย่างการสร้างแผนภาพแบบ Scatter Plot สามารถแสดงดังรูปที่ 2.13



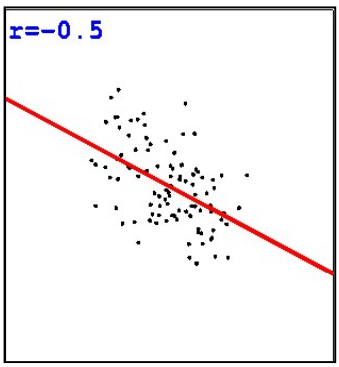
(ก)



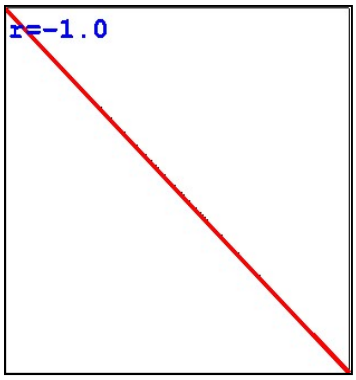
(ข)



(ค)



(ง)



(จ)

รูปที่ 2.13 ลักษณะของกราฟที่ค่า r = 1, 0.5 , 0, -0.5 และ -1 ตามลำดับ

2.2.3 ลักษณะของสมมติฐานที่ทดสอบ (Hypothesis Testing)

ในการทดสอบนั้นเป็นการทดสอบว่าตัวแปรสองตัวมีความสัมพันธ์กันหรือไม่เป็นการทดสอบว่าตัวแปรสองตัวมีความสัมพันธ์เชิงเส้น ซึ่งเราจะใช้ตัวอักษรภาษากรีก คือ ρ (rho) แทน r ซึ่งเขียนเป็นสมมติฐานทางสถิติ ได้ดังนี้

H_o : $\rho = 0$ (ตัวแปรสองตัว x และ Y ไม่มีความสัมพันธ์กัน)

H_1 : $\rho \neq 0$ (ตัวแปรสองตัว x และ Y มีความสัมพันธ์กัน)

ตัวอย่างเช่น สมมติฐานการวิจัยเรื่อง "ความพึงพอใจในการทำงานมีความสัมพันธ์กับผลการปฏิบัติงาน"สามารถกำหนดสมมติฐานการวิจัย ได้แก่

1) ความวิตกกังวลมีความสัมพันธ์กับความเครียดในการทำงาน

H_o : $\rho = 0$

H_1 : $\rho \neq 0$

2) ขวัญและกำลังใจในการทำงานมีความสัมพันธ์ทางบวกกับผลการปฏิบัติงาน

H_o : $\rho = 0$

$H_1 : \rho > 0$

3) ความเครียดในการทำงานมีความสัมพันธ์ทางลบกับความพึงพอใจในการทำงาน

$H_o : \rho = 0$

$H_1 : \rho < 0$

2.2.4 การคำนวณค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สัน (Computing the Pearson)

ในการคำนวณหาค่า r สามารถคำนวณได้ ดังนี้

$$r = \sum \frac{(Z_x Z_y)}{N} \qquad (1)$$

เป็นสูตรที่คำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์โดยใช้คะแนนมาตรฐาน โดยการดัดแปลงคะแนน X และ Y จากคะแนนดิบให้เป็นคะแนนมาตรฐาน (Z_x, Z_y) เสียก่อน

$$r = \frac{n\sum XY - \sum X \sum Y}{\sqrt{\left[n\sum X^2 - \left(\sum X\right)^2\right]\left[n\sum Y^2 - \left(\sum Y\right)^2\right]}}$$

โดย $$SS_{(x)} = \sum X^2 - \frac{\left(\sum X\right)^2}{n}$$

$$SS_{(y)} = \sum Y^2 - \frac{\left(\sum Y\right)^2}{n}$$

$$SS_{(xy)} = \sum XY - \frac{\left(\sum X\right)\left(\sum Y\right)}{n}$$

เมื่อคำนวณค่า r แล้วผู้วิจัยอาจต้องทราบว่าค่าสหสัมพันธ์ที่คำนวณได้นั้นมีนัยสำคัญทางสถิติหรือไม่สามารถทำได้โดยนำค่า r ไปคำนวณเป็นค่าสถิติที (t-test)

$$t = r\sqrt{\frac{n-2}{1-r^2}}$$

โดยมีค่าองศาอิสระ (df) เท่ากับ n-2 ซึ่งค่า t ที่คำนวณได้นำไปเทียบกับค่าวิกฤตของทีได้จากตารางวิกฤตหรือสามารถเทียบได้กับตารางค่าวิกฤตของค่าสหสัมพันธ์เพียร์สันได้โดยตรงโดยใช้ค่า df = n-2

โดยถ้าค่า r ที่คำนวณได้มีค่ามากกว่าค่าวิกฤตแสดงว่ามีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ค่าที่ไปเทียบนี้ไม่ต้องคิดเครื่องหมาย)

ตัวอย่างการคำนวณหาค่าสหสัมพันธ์เพียร์สัน

นักวิจัยต้องการทราบว่าความพึงพอใจในการทำงานมีความสัมพันธ์กับผลการผู้ปฏิบัติงานหรือไม่ จึงทำการเก็บรวบรวมข้อมูลจากผู้ปฏิบัติงานจำนวน 15 คน ซึ่งได้ข้อมูลดังนี้

คนที่	**ความพึงพอใจ (X)**	**ผลการปฏิบัติงาน (Y)**
1	3	3
2	2	2
3	2	3
4	5	4
5	3	3
6	4	4
7	2	1
8	3	3
9	4	4
10	1	2
11	5	4
12	2	2
13	3	3
14	4	4
15	3	5

ขั้นตอนการคำนวณ

ผู้วิจัยต้องทราบสมมติฐานการวิจัยก่อนซึ่งจากปัญหาการวิจัยข้างต้น สามารถตั้งสมมติฐานได้ว่า "ความพึงพอใจในการทำงานมีความสัมพันธ์กับผลการปฏิบัติงาน"

1) สมมติฐานทางสถิติ

H_o : $\rho = 0$

H_1 : $\rho \neq 0$

2) กำหนดระดับนัยสำคัญทางสถิติ (α) = 0.01

3) คำนวณค่า r

จากข้อมูล เราต้องคำนวณค่า X^2, Y^2 และ XY

คนที่	X	Y	X^2	Y^2	XY
1	3	2	9	4	6
2	2	2	4	4	4
3	2	3	4	9	6
4	5	4	25	16	20
5	3	3	9	9	9
6	4	4	16	16	16
7	2	1	4	1	2
8	3	2	9	4	6
9	4	4	16	16	16
10	1	2	1	4	2
11	5	4	25	16	20
12	2	2	4	4	4
13	3	3	9	9	9
14	4	3	16	9	12
15	3	4	9	16	12
$\sum$	46	44	160	137	144

$$r = \frac{n\sum XY - \sum X \sum Y}{\sqrt{\left[n\sum X^2 - \left(\sum X\right)^2\right]\left[n\sum Y^2 - \left(\sum Y\right)^2\right]}}$$

$$= \frac{15(144) - (46)(44)}{\sqrt{[15(160) - (2116)].[15(137) - (1936)]}}$$

$$= 0.794$$

4) ทดสอบนัยสำคัญทางสถิติ โดยคำนวณค่า t

$$t = r\sqrt{\frac{n-2}{1-r^2}}$$

$$= \frac{0.794\sqrt{15-2}}{\sqrt{1-0.794}}$$

$$= \frac{0.794\sqrt{13}}{\sqrt{0.206}}$$

$$= \frac{(0.794)(3.606)}{0.454}$$

$$= \frac{2.863}{0.454}$$

$$= 6.307$$

นำค่า t ที่คำนวณเทียบค่า t วิกฤตที่ได้จากตารางการแจกแจง t (t-distribution) (ตารางที่ ฉ-1) (เนื่องจากเป็นสมมติฐานที่ไม่มีทิศทางจึงเป็น α-tailed) ที่α = 0.01, *df* = n-2 = 15-2 = 13 พบว่า $t_{\frac{0.01}{2},13} = 3.012$ จึงเห็นว่า $t_{คำนวณ} > t_{วิกฤต}$ จึงปฏิเสธ H_o และยอมรับ H_1

และในการทดสอบนัยสำคัญทางสถิติยังสามารถนำค่า r ที่คำนวณได้ไปเทียบกับค่าวิกฤตของ r ได้จากตารางค่าวิกฤตของสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สัน (Parson Product Moment Correlation Coefficient) ได้โดยตรง (ตารางที่ จ-1) จากตารางพบว่า $r_{วิกฤต}$ ที่ α = 0.01, *df* = 13 มีค่าเท่ากับ 0.641 ซึ่งจะเห็นว่าค่า $r_{คำนวณ}$ มากกว่าค่า $r_{วิกฤต}$ จึงปฏิเสธ H_o และยอมรับ H_1เช่นเดียวกัน

5) จึงสรุปได้ว่าความพึงพอใจในการทำงานมีความสัมพันธ์กับผลการปฏิบัติงานอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01

2.3 ผลงานวิจัยที่ผ่านมา

2.3.1 ด้านมลพิษทางอากาศ

ในปัจจุบันผลจากการเกิดมลพิษทางอากาศเกิดขึ้นมากมายและกระทบต่อประชาชนในหลายมิติ ดังนั้นงานศึกษาวิจัยด้านมลพิษทางอากาศในประเทศไทยและจังหวัดเชียงใหม่มีนักศึกษาและนักวิชาการได้ให้ความสำคัญและทำการศึกษาวิจัยในหลายด้านและแตกต่างตามมิติที่ผู้วิจัยมีความเชี่ยวชาญและมีความสนใจที่จะศึกษา

มงคล รายะนาคร และคณะ (2550) โครงการการวิเคราะห์เพื่อหามลพิษทางอากาศในอนุภาคฝุ่นในจังหวัดเชียงใหม่และจังหวัดลำพูน พบว่าปัจจัยที่มีผลต่อมลภาวะทางอากาศอย่างเด่นชัด คือ ฤดูกาลมีองค์ประกอบทางเคมีของฝุ่น ได้แก่ สารพีเอเอช คาร์บอน ไอออนโลหะ และธาตุต่างๆ มีรูปแบบการกระจายตัวของปริมาณเฉลี่ยมากที่สุดในฤดูแล้งและปริมาณลดลงในช่วงเปลี่ยนฤดูและฤดูฝนตามลำดับซึ่งสอดคล้องกับปริมาณของฝุ่น (PM10) ที่ปนเปื้อนในบรรยากาศ แต่มีสารบางกลุ่มที่มีการกระจายตัวเฉลี่ยในแต่ละฤดูไม่ตรงกับลำดับดังกล่าว เช่น พีเอเอชรวม และธาตุบางชนิด ซึ่งมีปริมาณเฉลี่ยจากมากไปหาน้อย คือฤดูแล้งฤดูฝนและช่วงเปลี่ยนฤดูตามลำดับ แต่สรุปว่าในฤดูแล้งเป็นช่วงที่มีปริมาณฝุ่นและการปนเปื้อนของสารมลพิษมากกว่าฤดูอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.001$)

ณัชนพ อัครปรีดี และคณะ (2558) มีศึกษาปริมาณฝุ่นละอองที่เกิดจากการสัญจรโดยยานพาหนะบริเวณตลาดองครักษ์พบว่าขนาดของฝุ่นละอองที่เกิดขึ้นจากการจราจรและการคมนาคมขนส่ง โดยยานพาหนะบริเวณตลาดองครักษ์ที่มีมากที่สุดคือ ฝุ่น TSP มีค่าอยู่ในช่วง 34.0-839.2 $\mu g/m^3$ รองลงมา คือ ฝุ่น PM10 มีค่าอยู่ในช่วง 15.90-576.00 $\mu g/m^3$ ส่วนฝุ่น PM4 PM2.5 และ PM1 พบในปริมาณที่น้อยกว่า และพบว่าปริมาณยานพาหนะที่เพิ่มขึ้นจะมีผลให้เกิดปริมาณฝุ่น TSP และPM10 ที่เพิ่มขึ้นในชั่วโมงถัดไป และปัจจัยอื่นๆเช่น ความชื้นสัมพัทธ์ แรงลมในแนวขนานกับความยาวถนนก็มีผลที่ทำให้ปริมาณฝุ่นเพิ่มขึ้นเช่นกัน ส่วนฝุ่น PM4 PM2.5 และPM1 เป็นฝุ่นที่เกิดจากการเผาไหม้เครื่องยนต์ โดยมีแนวโน้มที่จะเพิ่มมากขึ้นในช่วงเวลากลางคืนและลดลงในช่วงเวลากลางวัน ในการลดปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กเบื้องต้น ได้เสนอแนวทาง คือ ให้ฉีดพ่นละอองน้ำตลอดช่วงความยาวถนน จำกัดช่วงเวลาในการวิ่งผ่านของยานพาหนะบางประเภท และให้ทำแนวป้องกันฝุ่น เช่น ปลูกพุ่มไม้

2.3.2 ผลกระทบจากมลพิษทางอากาศด้านสุขภาพ

ในด้านผลกระทบจากมลพิษทางอากาศที่มีต่อสุขภาพนั้นในโครงการระดับรายวันของฝุ่นในอากาศและผลกระทบต่อสุขภาพในผู้ป่วยที่เป็นโรคหอบหืดจังหวัดเชียงใหม่และลำพูน

พงศ์เทพ วิวรรธนะเดช และคณะ (2550) พบว่าระดับฝุ่นทั้งฝุ่นละเอียด (PM2.5) และขนาดเล็ก (PM10) มีความสัมพันธ์กับค่าความจุปอดชนิด Peak Expiratory Flow Rate และอาการหอบหืดในผู้ป่วยหอบหืดอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งข้อค้นพบนี้ยืนยันว่ามาตรการรณรงค์เรื่องคุณภาพอากาศต้องดำเนินการต่อไปอย่างเข้มงวดเพราะมิฉะนั้นแล้ว กลุ่มที่มีความเสี่ยงสูง เช่น กลุ่มผู้ป่วยโรคหอบหืดจะได้รับผลกระทบทางลบต่อสุขภาพย่อมส่งผลต่อคุณภาพชีวิตและในทางเศรษฐกิจโดยข้อมูลที่ได้จากการศึกษาแสดงให้เห็นว่าค่ารักษาพยาบาลและรายจ่ายส่วนบุคคลของผู้ป่วยหอบหืดแต่ละคนต่อเดือนในจังหวัดเชียงใหม่สูงกว่าค่าเฉลี่ยของคนภาคเหนือทั่วๆ ไป 3 เท่า

อุษณีย์ วินิจเขตคำนวณ (2543) พบว่าผู้ป่วยด้วยโรคทางเดินหายใจในพื้นที่จังหวัดเชียงใหม่มีอัตราเพิ่มสูงขึ้นทุกปีโดยเฉพาะอัตราผู้ป่วยด้วยโรคมะเร็งปอดต่อประชากรแสนคนในจังหวัดเชียงใหม่นั้นสูงกว่าเฉลี่ยของประเทศไทยสอดคล้องกับผลการศึกษาจากทั่วโลกพบว่าหากปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็ก (Particulate Matter) สูงกว่ามาตรฐานที่กำหนดในปริมาณมากจะมีผลกระทบต่อสุขภาพกล่าวคือ หาก (PM10) สูงขึ้นจากระดับมาตรฐาน 30 ไมโครกรัม/ลูกบาศก์เมตร (ระดับมาตรฐานมิให้เกิน 120 ไมโครกรัม/ลูกบาศก์เมตร 24 ชั่วโมง) จะทำให้อัตราการตายด้วยโรคระบบทางเดินหายใจเพิ่มร้อยละ 7-20 การป่วยด้วยโรคระบบทางเดินหายใจเพิ่มร้อยละ 5.5 การตายและป่วยด้วยโรคหัวใจเพิ่มร้อยละ 2-5 การตายและป่วยด้วยโรคหัวใจหลอดเลือดเพิ่มร้อยละ 5.3 ทำให้ผู้สูงอายุป่วยด้วยโรคระบบทางเดินหายใจเพิ่มร้อยละ 17.6 ทำให้ผู้สูงอายุป่วยด้วยโรคหัวใจและหลอดเลือดเพิ่มร้อยละ 7.6 และ (PM10) ทำให้สมรรถภาพปอดในเด็กนักเรียนลดลงฝุ่นละอองขนาดเล็กนี้สามารถผ่านเข้าไปในระบบทางเดินหายใจส่วนล่างอัน ได้แก่ ปอดและถุงลมเมื่อเข้าไปแล้วจะติดและสะสมตามอวัยวะดังกล่าว ทำให้ทำงานได้ไม่เต็มที่หากฝุ่นละอองขนาดเล็กนี้เข้าไปในร่างกายปริมาณมากจากปอดแล้วอาจหลุดเข้าไปในกระแสเลือดทำให้เกิดปัญหาหลอดเลือดหัวใจตีบได้

รุ่ง ศรีโพธิ์ (2541) ได้ศึกษาความคิดเห็นของประชาชนต่อการจัดการสิ่งแวดล้อมเมืองของเทศบาลนครเชียงใหม่ พบว่าเขตเทศบาลเมืองเชียงใหม่มีปัญหากี่เพิ่มขึ้นของฝุ่นละอองไอควันเกิดผลเสียหายต่อสุขภาพอนามัยมนุษย์ ปัจจัยด้านภูมิศาสตร์อยู่ในแอ่งใหญ่ที่ราบลุ่มแม่น้ำปิงล้อมรอบด้วยภูเขา

ไม่มีการถ่ายเทอากาศด้วยลมจึงมีการเก็บอากาศเสีย ซึ่งมีความหนาแน่นมากไว้นานโดยเฉพาะในที่ลุ่มมากกว่าที่สูงๆในตอนกลางคืนและหน้าหนาวอากาศจะเย็นอยู่นิ่งและลอยต่ำลงโอกาสที่คนในตัวเมืองเชียงใหม่จะได้รับอากาศเสียจึงมีมาก

2.3.3 การมีส่วนร่วมของประชาชนในการแก้ไขปัญหามลพิษทางอากาศ

ภาวะทางอากาศจากการศึกษาของดวงจันทร์ เจริญเมือง อาภาวัชรุตม์ เจริญเมือง และคณะ (2548) พบว่าประชาชนเห็นว่าปัญหาคุณภาพอากาศเป็นเรื่องไกลตัว แต่หลังจากทราบว่าอากาศเสียบั่นทอนสุขภาพและชีวิตจึงปรับเปลี่ยนพฤติกรรมในการก่อมลพิษทางอากาศมากขึ้น และการจะแก้ปัญหามลภาวะทางอากาศอย่างยั่งยืน ต้องบูรณาการการทำงานจากทุกส่วนมีการผลิตสื่อประชาสัมพันธ์ที่น่าสนใจและทำงานอย่างต่อเนื่องให้สามารถเข้าถึงคนท้องถิ่นทุกระดับ และต้องมีเครือข่ายความร่วมมือกับองค์กรต่างๆทุกระดับเพื่อจะได้เปลี่ยนแปลงพฤติกรรมการก่อมลพิษทางอากาศ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ สาคร ไชยอำมาตย์ (2547) ในข้อที่ว่าขาดการมีส่วนร่วมแก้ไขปัญหาของผู้มีส่วนได้เสียและควรรณรงค์ให้ประชาชนทุกกลุ่มตื่นตัวในการร่วมมือกันมากขึ้น ซึ่งตรงกับผลการศึกษาของ พัชรินทร์ รัตรวิภา (2547) ที่พบว่าการมีส่วนร่วมป้องกันและแก้ไขปัญหามลพิษทางอากาศอยู่ในระดับปานกลางควรเร่งให้มีการรณรงค์ประชาสัมพันธ์ สร้างจิตสำนึก และความตระหนักรวมทั้งส่งเสริมให้หน่วยงานท้องถิ่นและประชาชนร่วมกันสังเกตสภาพอากาศในชุมชนนอกจากการมีส่วนร่วมแก้ไขปัญหาของชุมชนและหน่วยงานราชการแล้ว

เรืองวิทย์ ครองยุติ (2548) ได้ศึกษาการมีส่วนร่วมแก้ไขปัญหามลพิษทางอากาศของกลุ่มผู้ขับขี่รถบรรทุกในกรุงเทพมหานครพบว่าผู้ขับขี่รถบรรทุกจำนวนตัวอย่าง 400 รายนั้นมีส่วนร่วมในการแก้ปัญหามลพิษทางอากาศในระดับมากเนื่องจากมีการบำรุงรักษาสภาพเครื่องยนต์และรถ แต่มีส่วนร่วมในการป้องกันการเกิดมลพิษทางอากาศอยู่ในระดับปานกลางปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับการแก้ปัญหามลพิษมาจากจำนวนชั่วโมงที่ขับรถต่อวันและการรับข้อมูลข่าวสารเรื่องมลพิษทางอากาศ ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้เสนอให้กำหนดจำนวนชั่วโมงการขับรถ/วันและให้มีการอบรมเพื่อเผยแพร่ความรู้ด้านมลพิษทางอากาศ นอกจากนี้ด้านพฤติกรรมของประชาชนที่แสดงออกเมื่อเกิดสภาวการณ์มลพิษทางอากาศนั้นมีผู้สนใจศึกษาในประเด็นที่หลากหลายโดยเฉพาะโรงไฟฟ้าแม่เมาะจังหวัดลำปางที่เคยเกิดสภาวะมลพิษทางอากาศนั้นมีผู้สนใจศึกษาด้านพฤติกรรมของผู้ที่ปฏิบัติงานและผู้อยู่อาศัยข้างเคียง

พรเพิ่ม พรมมาส (2540) ศึกษาเกี่ยวกับพฤติกรรมการป้องกันอันตรายต่อสุขภาพที่มีสาเหตุจากมลภาวะทางอากาศของโรงไฟฟ้าแม่เมาะจากประชาชน ที่ได้รับผลกระทบพบว่ากลุ่มตัวอย่างส่วนมากมีพฤติกรรมในการป้องกันอันตรายต่อสุขภาพในเกณฑ์ดี มีเจตคติที่ดีในการป้องกันอันตรายจากมลภาวะทางอากาศ ซึ่งผู้วิจัยมีความเห็นว่าอาจเกิดจากกลุ่มตัวอย่างเคยเจ็บป่วยสาเหตุมลภาวะทางอากาศมาแล้วในส่วนของพฤติกรรมผู้ปฏิบัติงานในโรงงานไฟฟ้าแม่เมาะ

สุธิดา พันธ์พัฒน์ (2540) ศึกษาเกี่ยวกับพฤติกรรมการป้องกันปัญหามลภาวะทางอากาศในกลุ่มตำรวจจราจรในพื้นที่เมืองลำปางและเมืองเชียงใหม่ พบว่ามีพฤติกรรมการป้องกันเกี่ยวกับปัญหามลภาวะทางอากาศแตกต่างกัน แต่มีความสัมพันธ์ระหว่างความรู้พฤติกรรมการป้องกันเกี่ยวกับปัญหามลภาวะทางอากาศเชิงบวก

ชมพูนุช รินทร์ศรี (2542) ได้ศึกษาพฤติกรรมในการลดมลพิษทางอากาศของผู้ขับขี่รถยนต์ส่วนบุคคลในจังหวัดเชียงใหม่ พบว่าผู้ขับขี่รถยนต์มีพฤติกรรมช่วยลดมลพิษระดับเหมาะสมมาก มีระดับการศึกษาการดูแลตัวเอง เมื่อเจ็บป่วยการรับรู้ข่าวสารต่างกันมีพฤติกรรมการลดมลพิษทางอากาศไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ผู้ขับขี่รถยนต์มีประสบการณ์ในการขับรถที่แตกต่างกัน มีตระหนักเกี่ยวกับปัญหามลพิษทางอากาศ มีความสัมพันธ์ทางบวกระดับต่ำกับพฤติกรรมในการลดมลพิษทางอากาศอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระดับ 0.05

บทที่ 3

วิธีการดำเนินงาน

3.1 วัสดุและอุปกรณ์

3.1.1 เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา

เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ ประกอบด้วย

3.1.1.1 เครื่องนับจำนวนสะสม (Accumulating Hand Counters) ใช้สำหรับนับจำนวนยานพาหนะโดยจะใช้นับจำนวนแบบแยกประเภทพาหนะ

รูปที่ 3.1 เครื่องนับจำนวนสะสม

(**ที่มา :** ณัชนพ อัครปรีดี และคณะ.(2558). *การศึกษาปริมาณฝุ่นละอองที่เกิดจากการสัญจรโดยยานพาหนะบริเวณตลาดองครักษ์*)

3.1.1.2 เครื่องวัดปริมาณฝุ่นละอองขนาด PM1 PM2.5 PM4 PM10 และ TSP ยี่ห้อ Met One รุ่น Aerocet 831 เป็นเครื่องวัดปริมาณฝุ่นละอองที่สามารถวัดอนุภาคฝุ่นละอองขนาด PM1 PM2.5 PM4 PM10 และTSP โดยจะวัดค่าปริมาณฝุ่นละอองชั่วขณะหนึ่ง

รูปที่ 3.2 เครื่องวัดปริมาณฝุ่นละอองขนาด PM1, PM2.5, PM4 และ PM10

(**ที่มา :** ณัชนพ อัครปรีดี และคณะ.(2558). *การศึกษาปริมาณฝุ่นละอองที่เกิดจากการสัญจรโดยยานพาหนะบริเวณตลาดองครักษ์*)

3.1.1.3 เครื่องวัดความเร็วลมแบบใบพัด ยี่ห้อ KIMO รุ่น VT210 เป็นเครื่องสำหรับใช้ตรวจวัดความเร็วลม อัตราการไหลของอากาศ และอุณหภูมิในบริเวณท่ออากาศหรือในบรรยากาศทั่วไป

รูปที่ 3.4 เครื่องวัดความเร็วลมแบบใบพัด

(**ที่มา :** ณัชนพ อัครปรีดี และคณะ.(2558). *การศึกษาปริมาณฝุ่นละอองที่เกิดจากการสัญจรโดยยานพาหนะบริเวณตลาดองครักษ์*)

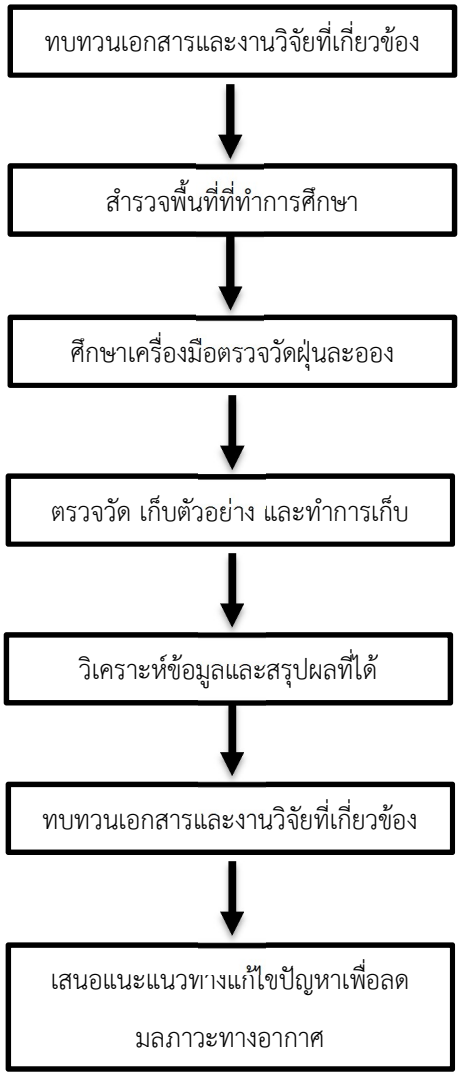
3.1.1.4 เครื่องวัดอุณหภูมิและความชื้นในอากาศ ยี่ห้อ KIMO รุ่น HD200 ใช้สำหรับตรวจวัดค่า (Relative Humidity, Absolute Humidity, Dew Point, Ambient Temperature) ในบรรยากาศทั่วไป

รูปที่ 3.4 เครื่องวัดอุณหภูมิและความชื้นในอากาศ

(**ที่มา :** ณัชนพ อัครปรีดี และคณะ.(2558). *การศึกษาปริมาณฝุ่นละอองที่เกิดจากการสัญจรโดยยานพาหนะบริเวณตลาดองครักษ์*)

3.2 ขั้นตอนการดำเนินการ

การศึกษานี้เป็นการศึกษาขนาดและปริมาณฝุ่นละอองในบริเวณที่ทำการเก็บข้อมูลที่เกิดจากการจราจรและคมนาคมส่งโดยยานพาหนะ รวมถึงปริมาณฝุ่นละอองที่ส่งผลกระทบต่อสุขภาพของประชาชนในบริเวณชุมชนที่ทำการเก็บข้อมูล ในการดำเนินโครงงานเพื่อให้บรรลุผลภายใต้ขอบเขตตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้ สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 3.6



รูปที่ 3.6 แผนผังขั้นตอนการดำเนินโครงงาน

3.2.1 การกำหนดพื้นที่ศึกษา

ในการกำหนดพื้นที่เป้าหมายของการศึกษาในครั้งนี้ จะกำหนดพื้นที่ที่ทำการเก็บข้อมูลเพื่อให้ครอบคลุมและสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของงาน จึงพิจารณาเลือกพื้นที่เป้าหมายในบริเวณตลาดองครักษ์ อ.องครักษ์ จ.นครนายก เนื่องจากบริเวณถนนที่ผ่านหน้าตลาดเป็นเส้นทางเพื่อคมนาคมขนส่งระหว่างจังหวัด และมีรถบรรทุกวิ่งผ่านจำนวนมาก จึงคาดว่าน่าจะได้รับผลกระทบจากปริมาณฝุ่นมาก

รูปที่ 3.5 แสดงถนนผ่านหน้าตลาดองครักษ์

(**ที่มา :** ณัชนพ อัครปรีดี และคณะ.(2558). *การศึกษาปริมาณฝุ่นละอองที่เกิดจากการสัญจรโดยยานพาหนะบริเวณตลาดองครักษ์*)

รูป 3.6 แสดงจุดที่ได้ทำการเก็บข้อมูลปริมาณฝุ่นละออง

(**ที่มา** : https://www.google.co.th/maps/place/Ongkharak+Market)

3.2.2 กลุ่มเป้าหมาย

กลุ่มเป้าหมายของการศึกษาในครั้งนี้ คือ

3.2.2.1 กลุ่มยานพาหนะที่ใช้เส้นทางหน้าตลาดองครักษ์เป็นเส้นทางสัญจร

โดยทำการเก็บข้อมูลจำนวนยานพาหนะที่ใช้เส้นทางสัญจรผ่านหน้าตลาดองครักษ์ เพื่อหาปริมาณยานพาหนะสะสมในแต่ละชั่วโมง โดยการจัดกลุ่มยานพาหนะทั้ง 13 ประเภทตามมาตรฐานการนับปริมาณยานพาหนะของกลมทางหลวงเป็นกลุ่มทั้งหมด 6 กลุ่มดังนี้

1. ยานพาหนะกลุ่มที่ 1 ได้แก่ รถยนต์ส่วนบุคคล
2. ยานพาหนะกลุ่มที่ 2 ได้แก่ รถบรรทุกขนาดใหญ่ 3 เพลาและรถโดยสารขนาดใหญ่
3. ยานพาหนะกลุ่มที่ 3 ได้แก่ รถบรรทุกขนาดเล็ก (4ล้อ)
4. ยานพาหนะกลุ่มที่ 4 ได้แก่ รถพ่วงและ รถบรรทุกกึ่งพ่วง
5. ยานพาหนะกลุ่มที่ 5 ได้แก่ รถจักรยานยนต์และรถสามล้อเครื่อง
6. ยานพาหนะกลุ่มที่ 6 ได้แก่ รถดัดแปลง เช่น รถเครื่องจักรกลการเกษตร

3.2.2.2 ปริมาณฝุ่นละอองที่เกิดขึ้นจากการสัญจรบนท้องถนน

โดยทำการเก็บข้อมูลปริมาณฝุ่นละออง PM1 PM2.5 PM4 PM10 และ TSP ที่เกิดขึ้นในช่วงที่เก็บข้อมูล

3.2.2.3 ข้อมูลอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องในการเกิดฝุ่นละอองจากการสัญจรบนท้องถนน

ได้แก่ ความเร็วลม ความชื้นในอากาศ และอุณหภูมิเฉลี่ย โดยเก็บข้อมูลในแต่ละช่วงเวลา ณ จุดเก็บตัวอย่าง และนำข้อมูลที่ได้มาแปรผล เพื่อหาปัจจัยแวดล้อมที่เกี่ยวข้องกับปริมาณของฝุ่นละออง

3.2.3 วิธีการศึกษา

3.2.3.1 การกำหนดจุดเก็บตัวอย่าง

ในการเก็บตัวอย่างฝุ่นที่เกิดขึ้นจากการสัญจรโดยยานพาหนะนั้น จะทำการเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองขนาด PM1 PM2.5 PM4 PM10 และ TSP บริเวณริมถนนหน้าตลาดองครักษ์ โดยทำการเลือกจุดเก็บตัวอย่าง การติดตั้งเครื่องมืออุปกรณ์การตรวจวัดจะติดตั้งโดยคำนึงถึงความปลอดภัยของเครื่องมือและไม่รบกวนการสัญจรใช้รถใช้ถนน

3.2.3.2 ประเภทของยานพาหนะที่ทำให้เกิดฝุ่น

ในการเก็บข้อมูลยานพาหนะที่สัญจรผ่านตลาดองครักษ์ ได้ทำการเก็บข้อมูลยานพาหนะในแต่ละกลุ่มทั้ง 6 กลุ่ม โดยเก็บข้อมูลเป็นฝุ่นละอองที่เกิดขึ้นจากยานพาหนะแต่ละประเภท โดยในการเก็บข้อมูลปริมาณฝุ่นจากยานพาหนะแต่ละประเภทนั้น ในแต่ละครั้งจะทำการวัดค่าปริมาณฝุ่นที่เกิดขึ้น รวมถึงปัจจัยอื่นๆที่เกี่ยวข้องกับการเกิดปริมาณฝุ่นของยานพาหนะทีละประเภท เพื่อจะได้ข้อมูลของปริมาณฝุ่นที่เกิดจากยานพาหนะแต่ละประเภท แล้วจึงนำมาวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ของยานพาหนะ และปริมาณฝุ่นแต่ละประเภท โดยใช้วิธีการวิเคราะห์ค่าทางสถิติแบบจำแนกกลุ่มตัวแปรด้วยเทคนิค Factor Analysis โดยเมื่อเก็บปริมาณจราจรของยานพาหนะแต่ละกลุ่มแล้วได้มีการเปรียบเทียบปริมาณรถยนต์แต่ละกลุ่มที่ได้จากการตรวจนับให้เป็นหน่วยเดียวกันกับรถยนต์ส่วนบุคคล (Passenger Car Unit : PCU) โดยใช้ค่าถ่วงน้ำหนักของยานพาหนะแต่ละชนิด (Passenger Car Equivalent Factor : PCE) ดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 ค่าถ่วงน้ำหนักของยานพาหนะแต่ละชนิด(Passenger Car Equivalent Factor : PCE)

ชนิดยานพาหนะ	ค่าในหน่วยรถยนต์นั่ง
1.รถจักรยานยนต์และรถสามล้อ	0.33
2.รถยนต์นั่ง	1.00
3.รถยนต์โดยสาร 4 ล้อ	1.00
4.รถยนต์โดยสารตั้งแต่ 6 ล้อขึ้นไป	2.00
5.รถยนต์บรรทุก 4 ล้อ	1.00
6.รถยนต์บรรทุก 6 ล้อ	1.75
7.รถยนต์บรรทุก 10 ล้อและรวมถึงรถพ่วง	2.50
8.รถจักรยาน 2 ล้อและ 3ล้อ	0.20

(**ที่มา**: กองวิศวกรรมจราจรกรมทางหลวงแห่งประเทศไทย)

3.2.3.3 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติวิเคราะห์โดยวิธีสหสัมพันธ์ (Correlation) เป็นสถิติที่ใช้ทดสอบความสัมพันธ์ระหว่าง 2 ตัวแปรที่สามารถระบุทิศทางได้ว่า สัมพันธ์ทางบวกหรือลบ โดยการวิเคราะห์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตั้งแต่ 2 ตัวขึ้นไป (หรือข้อมูล 2 ชุดขึ้นไป) ว่ามีความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรว่ามีมากน้อยเพียงใดนั้น จะใช้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation Coefficient) เป็นค่าที่วัดความสัมพันธ์ ในการวัดความสัมพันธ์แต่ละแบบจะต้องมีการทดสอบนัยสำคัญก่อน จึงจะสรุปได้ว่าตัวแปรคู่ใดมีความสัมพันธ์กันจริงหรือไม่ มากน้อยเพียงใด

ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ จะใช้สัญลักษณ์ r แทนสัมประสิทธ์สหสัมพันธ์ของกลุ่มตัวอย่าง และ ρ แทนสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ที่ใช้วัดขนาดของความสัมพันธ์กันระหว่างตัวแปร มี 2 ลักษณะ คือ $-1 \leq r \leq 1$ และ $0 \leq r \leq 1$

การบอกระดับหรือขนาดของความสัมพันธ์ จะใช้ตัวเลขของค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ หากค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์มีค่าเข้าใกล้ -1 หรือ 1 แสดงถึงการมีความสัมพันธ์กันในระดับสูง แต่หากมีค่าเข้าใกล้ 0 แสดงถึงการมีความสัมพันธ์กันในระดับน้อย หรือไม่มีเลย สำหรับการพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ โดยทั่วไปอาจใช้เกณฑ์ดังนี้ (Hinkle D. E. 1998, p.118)

ค่า r	ระดับของความสัมพันธ์
0.90 - 1.00	มีความสัมพันธ์สูงมาก
0.70 - 0.90	มีความสัมพันธ์กันในระดับสูง
0.50 - 0.70	มีความสัมพันธ์กันในระดับปานกลาง
0.30 - 0.50	มีความสัมพันธ์กันในระดับต่ำ
0.00 - 0.30	มีความสัมพันธ์กันในระดับต่ำมาก

เครื่องหมาย +,- หน้าตัวเลขสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ จะบอกถึงทิศทางของความสัมพันธ์ โดยที่หาก r มีเครื่องหมาย + หมายถึง การมีความสัมพันธ์กันไปในทิศทางเดียวกัน (ตัวแปรหนึ่งมีค่าสูงอีกตัวหนึ่งจะมีค่าสูงไปด้วย)

r มีเครื่องหมาย – หมายถึง การมีความสัมพันธ์กันไปในทิศทางตรงกันข้าม (ตัวแปรหนึ่งมีค่าสูง ตัวแปรอีกตัวหนึ่งจะมีค่าต่ำ)

การวิเคราะห์สหสัมพันธ์ (Correlation) มีหลายวิธี เช่นการวิเคราะห์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน การวิเคราะห์สหสัมพันธ์แบบสเปียร์แมน เป็นต้น

(1) Pearson Correlation Coefficient (r) สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของ Pearson จะใช้เมื่อตัวแปรทั้ง 2 ตัว คือ X และ Y เป็นตัวแปรเชิงปริมาณ

(2) Spearman Correlation สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของ Spearman ใช้เมื่อข้อมูลของตัวแปรทั้ง 2 อยู่ในรูปลำดับที่ หรือเดิมเป็นตัวแปรเชิงปริมาณแล้วเปลี่ยนให้อยู่ในรูปแบบลำดับที่

ในการวิจัยในครั้งนี้จะใช้วิธีการวิเคราะห์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน (Pearson Correlation Coefficient) โดยสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน ใช้สัญลักษณ์ r_{xy} เป็นวิธีที่ใช้วัดความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร หรือข้อมูล 2 ชุด โดยที่ตัวแปร หรือข้อมูล 2 ชุดนั้นจะต้องอยู่ในรูปของข้อมูลในมาตราอันตรภาคหรืออัตราส่วน (Interval or Ratio Scale)

สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สัน

การทดสอบสมมติฐานเกี่ยวกับสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (ρ) เป็นการทดสอบว่า X และ Y มีความสัมพันธ์กันหรือไม่

<u>สมมติฐาน</u>

H_o : $\rho = 0$ (ตัวแปรสองตัว x และ Y ไม่มีความสัมพันธ์กัน)

H_1 : $\rho \neq 0$ (ตัวแปรสองตัว x และ Y มีความสัมพันธ์กัน)

<u>สถิติทดสอบ</u> $t = r\sqrt{\frac{n-2}{1-r^2}}$ โดยที่ r = $\sum \frac{(Z_x Z_y)}{N}$

<u>เขตปฏิเสธ</u>

จะปฏิเสธ H_0ถ้า $|t| > t_1 - \alpha/2; n-2$

ในบางกรณีอาจจะต้องการทดสอบว่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์มีค่าเท่ากับค่าใดค่าหนึ่ง

<u>เขตปฏิเสธ</u>

จะปฏิเสธสมมติฐาน H_0ถ้า $t > t_1 - \alpha/2, n-2$ หรือ

$t < -t_1 - \alpha/2, n-2$ หรือ Sig tailed) น้อยกว่า α

โดยในการหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ มี 2 คำสั่งดังนี้

<u>Bivariate Correlation</u> เป็นการหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของตัวแปร 2 ตัว และให้ค่า Pearson Correlation

<u>Partial Correlation</u> (สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เชิงส่วน) เนื่องจาก Bivariate Correlation ซึ่งให้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ที่แสดงความสัมพันธ์ในรูปเชิงเส้นของตัวแปร 2 ตัว โดยไม่ได้คำนึงถึงตัวแปรอื่นๆ ที่ต้องเกี่ยวข้องเลย เช่น การหาความสัมพันธ์ของรายจ่ายกับรายได้ ซึ่งรายจ่าย

อาจจะขึ้นกับปัจจัยหรือตัวแปรอื่นๆ อีกนอกจากรายได้ เช่น จำนวนคนในครอบครัว อายุ เป็นต้น ค่า Bivariate Correlation ที่ได้จึงไม่ใช่ค่าที่แสดงความสัมพันธ์ที่แท้จริงระหว่างตัวแปรทั้งสองหรือกล่าวได้ว่ามีอิทธิพลของตัวแปรหรือปัจจัยอื่นๆแฝงอยู่ด้วยส่วน Partial Correlation ของตัวแปร X และ Y เป็นการหาค่าความสัมพันธ์ของตัวแปร X และ Y เมื่อได้ควบคุมอิทธิพลของตัวแปรอื่นๆออกแล้ว เช่นถ้ามีตัวแปร 3 ตัว คือ W X และY การหาสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เชิงส่วนของตัวแปร X และ Y จะมีการควบคุมตัวแปร W (ที่มา : กัลยา วานิชยบัญชา, 2558)

บทที่4

ผลการดำเนินงาน

จากการศึกษาความสัมพันธ์ของประเภทยานพาหนะที่มีผลต่อประมาณฝุ่นละอองขนาดเล็ก ได้แก่ PM1 PM2.5 PM4 PM10 และ TSP ที่เกิดขึ้นบริเวณตลาดองครักษ์ โดยได้ทำการเก็บข้อมูลในด้านต่างๆ ที่คาดว่าจะเกี่ยวข้องกับการศึกษา ได้แก่ ปริมาณการจราจรของยานพาหนะบนถนน ปริมาณฝุ่นละอองแต่ละขนาดที่เกิดขึ้น และข้อมูลทางอุตุนิยมวิทยา ณ จุดเก็บตัวอย่างจากนั้นนำมาวิเคราะห์เพื่อหาความสัมพันธ์ของข้อมูลดังกล่าว มีรายละเอียด ดังนี้

4.1 ปริมาณจราจร

จากข้อมูลปริมาณจราจร ณ จุดเก็บตัวอย่าง ได้ทำการเก็บข้อมูลปริมาณยานพาหนะ โดยแบ่งเป็น 6 กลุ่มยานพาหนะ จากประเภทยานพาหนะทั้งหมด 13 ประเภท ตามมาตรฐาน การนับปริมาณยานพาหนะกรมทางหลวง เพื่อให้ง่ายต่อการวิเคราะห์ ค่าทางสถิติ โดย ยานพาหนะทั้งหมด 6 กลุ่ม มีดังนี้

1.ยานพาหนะกลุ่มที่ 1 ได้แก่ รถยนต์ส่วนบุคคล, รถยนต์ส่วนบุคคลกระบะและรถยนต์กระบะบรรทุก

2. ยานพาหนะกลุ่มที่ 2 ได้แก่ รถบรรทุกขนาดใหญ่ 3 เพลาและรถโดยสารขนาดใหญ่

3. ยานพาหนะกลุ่มที่ 3 ได้แก่ รถบรรทุกขนาดใหญ่ 3 เพลาและรถโดยสารขนาด

4. ยานพาหนะกลุ่มที่ 4 ได้แก่ รถบรรทุกขนาดเล็ก (4ล้อ) รถบรรทุกขนาดกลาง 2 เพลา รถโดยสารขนาดเล็ก และรถโดยสารขนาดกลาง

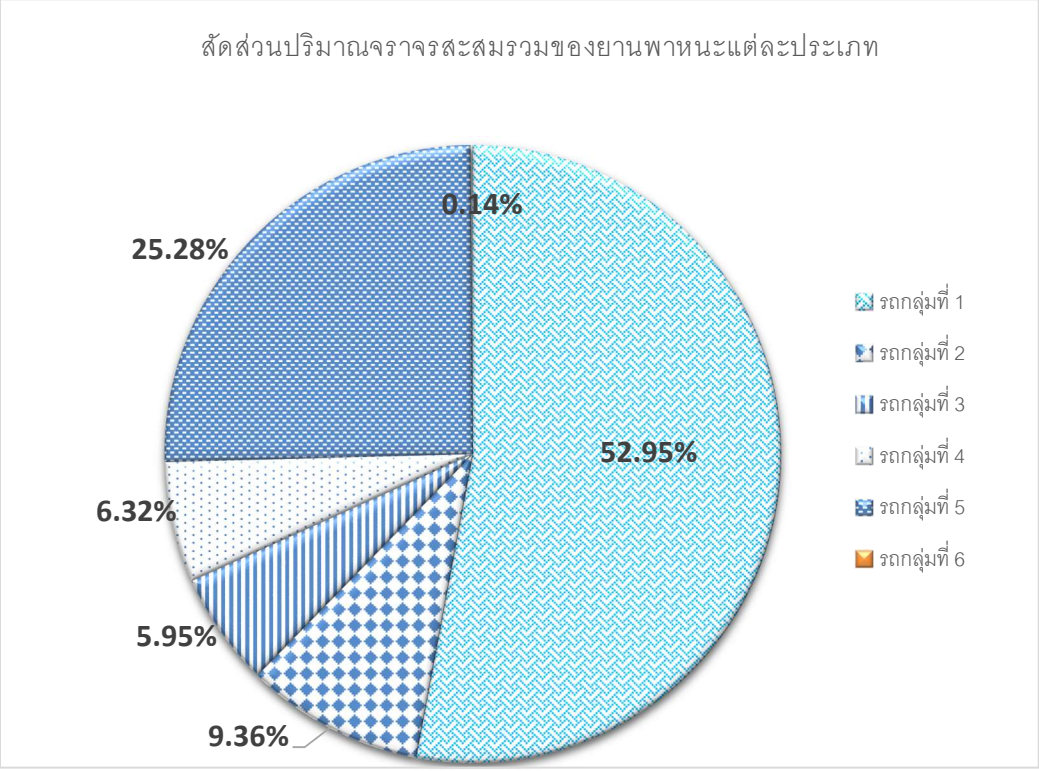
5. ยานพาหนะกลุ่มที่ 5 ได้แก่ รถจักรยานยนต์และรถสามล้อเครื่อง

6. ยานพาหนะกลุ่มที่ 6 ได้แก่ รถดัดแปลง เช่น รถเครื่องจักรกลการเกษตร

จากข้อมูลปริมาณจราจร ที่สัญจรผ่านตลาดองครักษ์ มีข้อมูลดังนี้

4.1.1 ปริมาณยานพาหนะสะสมต่อวัน

จากข้อมูลยานพาหนะที่ผ่านจุดเก็บตัวอย่าง โดยทำการเก็บข้อมูลปริมาณยานพาหนะที่สะสมตลอดวัน พบว่า ปริมาณยานพาหนะที่สะสมสูงสุด คือ ยานพาหนะในกลุ่มที่ 1 ได้แก่ รถยนต์ส่วนบุคคล รถยนต์ส่วนบุคคลกระบะและรถยนต์กระบะบรรทุกโดยมีปริมาณสะสมตลอดวัน คิดเป็น 52.95% ของปริมาณยานพาหนะที่เกิดขึ้นทั้งหมด รองลงมาคือ กลุ่มที่ 5 ได้แก่ รถจักรยานยนต์และรถสามล้อเครื่อง คิดเป็น 25.28% ถัดมาคือ กลุ่มที่ 2 4 และ 3 โดยมีปริมาณสูงสุดตลอดทั้งวันคิดเป็น 9.36%, 6.32%, และ 5.95% ตามลำดับ ส่วนยานพาหนะที่น้อยที่สุดคือ กลุ่มที่ 6 โดยพบเพียง 0.14% ของยานพาหนะทั้งหมด (แสดงดังรูปที่ 4.1)



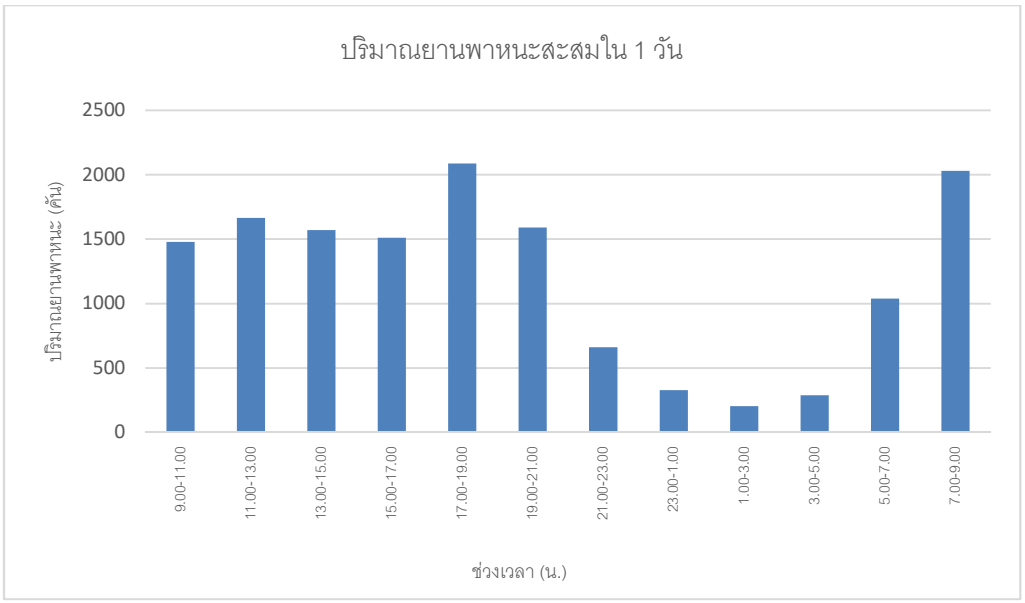
รูปที่ 4.1 สัดส่วนปริมาณยานพาหนะแต่ละกลุ่มที่ผ่านจุดเก็บตัวอย่างสะสมต่อวัน

จากรูปที่ 4.1 พบว่า ปริมาณยานพาหนะในกลุ่มที่ 1 และกลุ่มที่ 5 มีมากกว่ายานพาหนะกลุ่มอื่น โดยเฉพาะในกลุ่มที่ 1 ซึ่งเป็นรถยนต์ส่วนบุคคลและรถกระบะบรรทุก เนื่องจากบริเวณที่ทำการเก็บตัวอย่างเป็นตลาด ทำให้มียานพาหนะสัญจรผ่านไปมาค่อนข้างมาก ประกอบกับในเขตพื้นที่ที่ทำการศึกษาเป็นแหล่งชุมชนที่มีผู้อาศัย มีโรงพยาบาลองครักษ์ สถานีตำรวจ มหาวิทยาลัยอยู่บริเวณนั้น ทำให้พบยานพาหนะส่วนบุคคลค่อนข้างมาก ได้แก่ รถกลุ่มที่ 1 และกลุ่มที่ 5 และจากการเก็บข้อมูลพบว่า กลุ่ม

ยานพาหนะที่พบน้อยที่สุดคือ กลุ่มที่ 6 รถดัดแปลงการเกษตร ซึ่งจากการสำรวจในบริเวณพื้นที่เก็บตัวอย่าง พบว่า มีพื้นที่การเกษตรเพียงเล็กน้อย ซึ่งเป็นบริเวณที่ทำนา โดยอยู่ห่างจากจุดเก็บตัวอย่างประมาณ 1-2 กิโลเมตร

4.1.2 ช่วงเวลาที่มีการสะสมตัวของกลุ่มยานพาหนะมากที่สุด

จากการเก็บข้อมูล ณ จุดเก็บตัวอย่าง (แสดงดังรูป 4.2) พบว่าช่วงเวลาที่มีการสะสมตัวของกลุ่มยานพาหนะมากที่สุดคือ ในช่วงเวลากลางวัน โดยเฉพาะในช่วงเช้า เวลา 7.00 น. – 9.00 น. พบปริมาณยานพาหนะมากที่สุด เนื่องจากในช่วงเวลานี้ประชาชนมีการเดินทางสัญจรออกจากที่พักไปที่ทำงานหรือ สถานศึกษา จึงทำให้พบปริมาณยานพาหนะมาก รองลงมาคือ ช่วงเวลา 17.00 น. - 19.00 น. ซึ่งพบว่าช่วงนี้ประชนชนเดินทางกลับที่พัก รวมถึงเข้ามาบริเวณตลาดองครักษ์ เพื่อจับจ่ายหาซื้อสินค้าในกาอุปโภคและบริโภค ส่วนช่วงเวลาที่พบยานพาหนะน้อยคือ ช่วงเวลาตั้งแต่ 21.00 น. - 05.00 น. ปริมาณยานพาหนะเริ่มลดลงตั้งแต่ช่วงเวลา 21.00 น. เป็นต้น ไปจนถึงช่วงเวลา 05.00 น. จึงกลับมาเพิ่มอีกครั้ง แสดงให้เห็นว่าในช่วงเวลานี้ประชาชนกลับเข้าสู่ที่พักอาศัยแล้ว จึงพบรถในกลุ่มที่เป็นรถส่วนบุคคลปริมาณน้อย ส่วนกลุ่มรถที่พบในช่วงเวลานี้ คือรถกลุ่มที่ 2 และกลุ่มที่ 3 เนื่องจากเป็นช่วงเวลาที่รถบรรทุกใช้ขนส่งกระจายสินค้าระหว่างอำเภอหรือจังหวัด ซึ่งเส้นทางนี้เป็นเส้นทางคมนาคมขนส่งทางบกระหว่างจังหวัดที่รถบรรทุกใช้ในการขนส่งสินค้าจากภาคอีสานไปยัง จ.ฉะเชิงเทรา และภาคตะวันออก



รูปที่ 4.2 ช่วงเวลาที่มีการสะสมตัวของยานพาหนะที่ผ่านจุดเก็บตัวอย่าง

4.2 ปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กที่เกิดจากยานพาหนะแต่ละกลุ่ม

ในการหาค่าความสัมพันธ์ของปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กทั้ง 4 ขนาด กับยานพาหนะทั้ง 6 กลุ่มนั้นได้ทำการเก็บข้อมูลในช่วงเดือนกุมภาพันธ์-มีนาคม ซึ่งเป็นช่วงอากาศแห้งและมีปริมาณฝุ่นมาก เมื่อเก็บข้อมูลปริมาณจราจรแล้วนำมาปรับเปลี่ยนปริมาณรถแต่ละประเภทที่ได้จากการตรวจวัดให้เป็นหน่วยเดียวกันกับรถยนต์นั่งส่วนบุคคล (Passenger Car Unit : PCU) โดยใช้ค่าถ่วงน้ำหนักของยานพาหนะแต่ละชนิด (PCE) เสียก่อนจึงนำมาหาค่าสหสัมพันธ์ (Correlation) โดยใช้โปรแกรมวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ ซึ่งได้ผลการวิเคราะห์ดังนี้

4.2.1ความสัมพันธ์ระหว่างฝุ่นละอองแต่ละขนาดกับยานพาหนะ

ในการหาค่าความสัมพันธ์ของข้อมูลที่เก็บมาทั้งสิ้น 100 ข้อมูลได้ทำการจัดชุดข้อมูลเพื่อนำมาหาค่า correlation เนื่องจากมีปัจจัยอื่นๆเข้ามารบกวน เช่น ความเร็วลม เป็นต้น จึงได้มีการจัดชุดข้อมูลที่มีค่าความเร็วลมที่ใกล้เคียงกันอยู่ในกลุ่มเดียวกัน จากผลการวิเคราะห์มีดังนี้

4.2.1.1 ฝุ่นละอองขนาด PM1

จากการวิเคราะห์ค่าสหสัมพันธ์ของข้อมูลทั้ง 3 ชุด (แสดงดังตารางที่ 4.1) พบว่าพาหนะกลุ่มที่ 2 มีความสัมพันธ์กับฝุ่นละอองขนาด PM1 โดยพบว่าที่ความเชื่อมั่น 95% ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่าง รถกลุ่มที่ 2 กับปริมาณฝุ่นละอองขนาด PM1 มีค่า 0.708 แสดงว่ามีความสัมพันธ์กันในระดับสูง (ค่าเข้าใกล้ 1) ซึ่งผลที่ได้เป็นไปในทางบวก ถือว่าตัวแปรคู่นี้มีความสัมพันธ์เชิงบวก หรือแปรผันตาม ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการที่รถกลุ่มที่ 2 ทำให้เกิดฝุ่น PM1 นั้นอาจเกิดจากการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์ รวมถึงเขม่าควันและควันจากท่อไอเสีย เนื่องจากฝุ่น PM1 เป็นฝุ่นที่มีขนาดละเอียดและมีขนาดเล็กมากๆ เมื่อปล่อยออกมาจากรถบรรทุกขนาดใหญ่ที่มีเครื่องยนต์ขนาดใหญ่และส่วนใหญ่มีการเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ เมื่อปล่อยออกมาจะถูกพัดโดยแรงลมก็ทำให้สามารถตรวจจับได้มาก

ตารางที่ 4.1 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation) ระหว่าง PM1 กับรถ 6 กลุ่ม

Correlations

		g1	g2	g3	g4	g5	g6	PM1
PM1 **(ชุดที่ 1)**	Pearson Correlation	-.374	.433	-.070	.331	.050	.[a]	1
	Sig. (2-tailed)	.361	.284	.869	.423	.907	.	
	N	8	8	8	8	8	8	8
PM1 **(ชุดที่ 2)**	Pearson Correlation	-.328	.708*	-.352	.426	.455	.[b]	1
	Sig. (2-tailed)	.428	.049	.393	.293	.258	.	
	N	8	8	8	8	8	8	8
PM1 **(ชุดที่ 3)**	Pearson Correlation	.341	-.371	-.299	.422	.659	.[a]	1
	Sig. (2-tailed)	.455	.412	.515	.345	.107	.	
	N	8	8	8	8	8	8	8

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

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

a. Cannot be computed because at least one of the variables is constant.

ในส่วนของรถกลุ่มอื่นๆ พบว่าปริมาณรถกลุ่มที่ 3 4 5 ไม่มีความสัมพันธ์กับปริมาณฝุ่นละอองขนาด PM1 แต่อย่างใด เนื่องจากค่า Sig. มีค่ามากกว่า 0.05 และ 0.01 ที่ตั้งไว้ แสดงว่าไม่ตกในอาณาเขตวิกฤติ จึงไม่ปฏิเสธ H_0 ดังนั้นตัวแปรทั้ง 2 ตัวคือปริมาณรถกับปริมาณฝุ่น PM1 จึงไม่มีความสัมพันธ์กัน

4.2.1.2 ฝุ่นละอองขนาด PM2.5

จากการหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของปริมาณฝุ่น PM2.5 กับปริมาณรถทั้ง 6 กลุ่ม พบว่า ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างรถกลุ่มที่ 5 ซึ่งเป็นรถมอเตอร์ไซด์กับปริมาณฝุ่น PM2.5 มีความสัมพันธ์กันโดยมีความสัมพันธ์กันเชิงเชิงบวก ที่ความเชื่อมั่น 95% โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.83 แสดงว่ามีระดับความสัมพันธ์กันในระดับสูง และปริมาณรถกลุ่มที่ 2 มีความสัมพันธ์กับปริมาณฝุ่นละอองขนาด 2.5 ในเชิงบวกที่ระดับความเชื่อมั่น 99% โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.877(แสดงดังตารางที่ 4.2)

ตารางที่ 4.2 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation) ระหว่าง PM2.5 กับรถ 6 กลุ่ม

Correlations

		g1	g2	g3	g4	g5	g6	PM2.5
PM2.5 **(ชุดที่ 1)**	Pearson Correlation	-.559	-.126	.060	-.074	-.062	.[a]	1
	Sig. (2-tailed)	.150	.766	.888	.862	.884	.	
	N	8	8	8	8	8	8	8
PM2.5 **(ชุดที่ 2)**	Pearson Correlation	-.317	.611	-.228	.392	.442	.[b]	1
	Sig. (2-tailed)	.444	.108	.587	.337	.273	.	
	N	8	8	8	8	8	8	8
PM2.5 **(ชุดที่ 3)**	Pearson Correlation	-.130	.877**	.385	.083	.831*	.[a]	1
	Sig. (2-tailed)	.781	.009	.394	.859	.020	.	
	N	8	8	8	8	8	8	8

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

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

a. Cannot be computed because at least one of the variables is constant.

จากผลการวิเคราะห์ที่ได้แสดงให้เห็นว่าปริมาณรถในกลุ่มที่ 5 จึงมีผลกับปริมาณฝุ่นขนาด 2.5 ต่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และปริมาณรถในกลุ่มที่ 2 มีความสัมพันธ์กันไปในทางบวกกับปริมาณฝุ่นขนาด 2.5 อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 99% ซึ่งเห็นได้ว่าปริมาณรถในกลุ่มที่ 2 มีผลต่อปริมาณฝุ่นละอองขนาด 2.5 ไมครอนมากที่สุด เนื่องจากค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์มีค่ามากกว่าและระดับความเชื่อมั่นที่สูงกว่า จากผลการวิเคราะห์ที่ได้จะเห็นได้ว่าปริมาณรถในกลุ่มที่ 2 เป็นตัวแปรสำคัญที่มีผลต่อการเกิดฝุ่นละอองขนาดเล็ก (PM1 และPM2.5) ซึ่งอาจจะเกิดการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ของเชื้อเพลิง โดย ฝุ่นละอองขนาด 2.5 เป็นฝุ่นละอองขนาดเล็กที่เกิดจากการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงเช่นเดียวกับฝุ่นขนาด PM1 และจากการเก็บข้อมูล พบว่าปริมาณรถในกลุ่มที่ 5 ที่มีปริมาณสูงและส่วนใหญ่เป็นรถดัดแปลงซึ่งอาจเกิดจากการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงที่ไม่สมบูรณ์ ทำให้เกิดฝุ่นละอองขนาดเล็กได้

4.2.1.3 ฝุ่นละอองขนาด PM 4

สำหรับฝุ่นละอองขนาด PM 4 นั้นเมื่อนำไปหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์กับปริมาณรถแต่ละกลุ่มแล้ว จะเห็นได้ว่าปริมาณรถกลุ่มที่ 2 กลุ่มที่ 3 และกลุ่มที่ 4 มีผลต่อปริมาณ PM4 อย่างมีนัยสำคัญโดยให้ความสัมพันธ์ไปในทิศทางบวก เพื่อทำการหาค่าความสัมพันธ์ (Correlation) ที่ระดับความเชื่อมั่น 99 % พบว่าปริมาณรถกลุ่มที่ 2 และรถกลุ่มที่ 3 มีผลทำให้เกินฝุ่นละอองขนาดPM4 ใกล้เคียงกันคือ 0.875 และ 0.886 ตามลำดับ และเพื่อทำการหาค่าความสัมพันธ์ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% พบว่าปริมาณรถกลุ่มที่ 2 และกลุ่มที่ 4 มีผลทำให้เกิดฝุ่นละอองขนาด PM4 เท่ากับ 0.764 และ 0.791 ตามลำดับ (แสดงดังตารางที่ 4.3)

ตารางที่ 4.3 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation) ระหว่าง PM4 กับรถ 6 กลุ่ม

Correlations

		g1	g2	g3	g4	g5	g6	PM4
PM4 **(ชุดที่ 1)**	Pearson Correlation	-.371	.764*	-.286	.791*	-.245	.[a]	1
	Sig. (2-tailed)	.366	.027	.493	.019	.558	.	
	N	8	8	8	8	8	8	8
PM4 **(ชุดที่ 2)**	Pearson Correlation	-.398	.875**	-.583	.664	.140	.[b]	1
	Sig. (2-tailed)	.329	.004	.130	.073	.741	.	
	N	8	8	8	8	8	8	8
PM4 **(ชุดที่ 3)**	Pearson Correlation	-.394	-.145	.886**	-.276	.505	.[a]	1
	Sig. (2-tailed)	.382	.757	.008	.549	.247	.	
	N	8	8	8	8	8	8	8

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

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

a. Cannot be computed because at least one of the variables is constant.

จากผลวิเคราะห์หาค่าความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฝุ่นละอองขนาดPM4และปริมาณรถแต่ละกลุ่ม จะเห็นได้ว่ารถกลุ่มที่ 2 และ4 ซึ่งเป็นรถบรรทุกขนาดใหญ่รวมถึงรถนกลุ่มที่ 4 ซึ่งเป็นรถบรรทุกเล็ก จึงคาดว่าฝุ่นละอองขนาด PM4 น่าจะเกิดจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงในเครื่องยนต์เช่นเดียวกับฝุ่นละอองขนาด PM1 และ PM2.5 เมื่อเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างค่าปริมาณฝุ่นละอองขนาด PM1 PM2.5 และ PM4 กับปริมาณกลุ่มรถแล้วจะพบว่ามีแนวโน้มความสัมพันธ์ระหว่างค่าปริมาณฝุ่นละอองกับกลุ่มรถไปในทางที่คล้ายคลึงกัน จึงคาดว่าฝุ่นละอองขนาด PM1 PM2.5 และ PM4 น่าจะเกิดจากการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์ที่ไม่สมบูรณ์

4.2.1.4 ฝุ่นละอองขนาด PM10

จากการหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของฝุ่นละอองขนาด PM10 นั้นพบว่าปริมาณฝุ่น PM10 มีความสัมพันธ์กับปริมาณรถในกลุ่มที่ 4 โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของข้อมูลทั้ง 2 ชุด ใกล้เคียงกันคือ 0.855 และ 0.858 มีความเชื่อมั่น 99% และ 95% ตามลำดับ จะเห็นได้ว่ามีระดับของความสัมพันธ์กันในระดับสูงและเป็นไปในทิศทางบวก (แสดงในตารางที่ 4.4)

ตารางที่ 4.4 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation) ระหว่าง PM10 กับรถ 6 กลุ่ม

Correlations

		g1	g2	g3	g4	g5	g6	PM10
PM10 **(ชุดที่ 1)**	Pearson Correlation	-.286	.518	-.114	.525	-.022	.[a]	1
	Sig. (2-tailed)	.493	.188	.788	.181	.958	.	
	N	8	8	8	8	8	8	8
PM10 **(ชุดที่ 2)**	Pearson Correlation	-.218	.423	.571	.858*	-.150	.[a]	1
	Sig. (2-tailed)	.638	.345	.181	.013	.748	.	
	N	8	8	8	8	8	8	8
PM10 **(ชุดที่ 3)**	Pearson Correlation	-.068	.631	-.493	.855**	-.292	.[a]	1
	Sig. (2-tailed)	.873	.093	.215	.007	.483	.	
	N	8	8	8	8	8	8	8

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

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

a. Cannot be computed because at least one of the variables is constant.

จากการวิเคราะห์แสดงให้เห็นว่าปริมาณรถในกลุ่มที่ 4 ซึ่งเป็นกลุ่มรถพ่วงมีผลทำให้เกิดปริมาณฝุ่นละอองขนาด PM10 มากซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของนายณัชนพ อัครปรีดีและคณะ (2558)ที่ได้ทำการศึกษาปริมาณฝุ่นขนาด PM10 ที่เกิดขึ้นจากการสัญจรโดยยานพาหนะซึ่งพบความเข้มข้นของปริมาณฝุ่น PM10 มีแนวโน้มสัมพันธ์กับยานพาหนะในกลุ่มประเภทรถยนต์กระบะบรรทุก รถบรรทุกขนาดเล็ก (4ล้อ) รถบรรทุกขนาดใหญ่3เพลา (10ล้อ) และรถโดยสารขนาดใหญ่ (รถบัส) โดย

ยานพาหนะขนาดใหญ่เหล่านี้มีแนวโน้มที่ทำให้เกิดฝุ่นละอองขนาดที่มาก เนื่องจากคาดว่าฝุ่นละอองขนาด PM10 น่าจะเป็นฝุ่นละอองที่เกิดจากฝุ่นถนนซึ่งเมื่อยานพาหนะขนาดใหญ่เคลื่อนที่ผ่านจะทำให้เกิดฝุ่นฟุ้งกระจายไปในอากาศได้

4.2.1.5 ฝุ่นละอองรวม TSP

จากการหาค่าสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฝุ่นละอองรวม TSP กับรถแต่ละกลุ่มพบว่าปริมาณรถในกลุ่มที่ 1 และ 4 มีความสัมพันธ์กับปริมาณฝุ่น TSP อย่างมีนัยสำคัญ โดยมีค่าสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์ของรถกลุ่มที่ 1 และ 4 เท่ากับ 0.835 และ 0.720 ที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 99% และ 95% ตามลำดับ (แสดงดังตารางที่ 4.5)

ตารางที่ 4.5 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation) ระหว่าง TSP กับรถ 6 กลุ่ม

Correlations

		g1	g2	g3	g4	g5	g6	TSP
TSP **(ชุดที่ 1)**	Pearson Correlation	.197	.423	.241	.654	.106	.[a]	1
	Sig. (2-tailed)	.640	.297	.565	.078	.802	.	
	N	8	8	8	8	8	8	8
TSP **(ชุดที่ 2)**	Pearson Correlation	.835**	-.438	-.352	-.169	-.247	.[b]	1
	Sig. (2-tailed)	.010	.278	.393	.689	.555	.	
	N	8	8	8	8	8	8	8
TSP **(ชุดที่ 3)**	Pearson Correlation	.179	.354	-.513	.720*	-.195	.[a]	1
	Sig. (2-tailed)	.671	.390	.193	.044	.644	.	
	N	8	8	8	8	8	8	8

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

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

a. Cannot be computed because at least one of the variables is constant.

จากผลการวิเคราะห์จะเห็นได้ว่าปริมาณรถกลุ่มที่ 4 มีผลกับปริมาณฝุ่น TSP ซึ่งสอดคล้องกับผลการหาความสัมพันธ์ระหว่างรถกลุ่มที่ 4 กับปริมาณ PM10 เนื่องจากฝุ่น PM10 และฝุ่น TSP เป็นฝุ่นขนาดใหญ่ซึ่งเป็นฝุ่นถนนดังนั้นเมื่อมีการสัญจรของรถในกลุ่มที่ 4 จึงมีแนวโน้มทำให้เกิดฝุ่น TSP และ PM10 ด้วย เพราะเกิดการฟุ้งกระจายของฝุ่นถนน ทำให้ตรวจวัดส่วนปริมาณรถในกลุ่มที่ 1 ที่มีความสัมพันธ์กับปริมาณฝุ่น TSP อาจเนื่องมาจากรถในกลุ่มที่ 1 ซึ่งเป็นรถยนต์ส่วนบุคคล พบในปริมาณมาก ณ บริเวณจุดเก็บตัวอย่าง ซึ่งอาจเป็นไปได้ว่า การเพิ่มปริมาณยาพาหนะที่มีการสัญจรของรถในกลุ่มที่ 1 ทำให้มีการเพิ่มปริมาณฝุ่น TSP มากเช่นกัน การเพิ่มปริมาณยานพาหนะที่มี จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของฝุ่นละอองแต่ละขนาดดังกล่าวข้างต้นกับกลุ่มยานพาหนะจะเห็นได้ว่ายานพาหนะที่มีแนวโน้มที่จะก่อให้เกิดฝุ่นละอองขนาดเล็กขนาดตั้งแต่ PM1 – TSP ส่วนใหญ่เป็นยานพาหนะในกลุ่มที่ 2 และ กลุ่มที่ 4 ซึ่งยานพาหนะดังกล่าวเป็นรถบรรทุกขนาดใหญ่ประเภทรถบรรทุก รถพ่วงเป็นปัจจัยที่ก่อให้เกิดการเพิ่มขึ้นของฝุ่นละอองขนาดเล็กอันจะนำไปสู้การเสนอแนะแนวทางเพื่อบรรเทาปัญหาต่อไป

4.3 ปัจจัยอื่นๆที่มีผลต่อปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็ก

จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของปัจจัยอื่นๆ ซึ่งในช่วงเวลาที่ทำการตรวจวัดอุปกรณ์วัดค่าความชื้นและอุณหภูมิเสียจึงไม่สามารถทำการตรวจวัดได้ ดังนั้นจึงมีข้อมูลเฉพาะแรงลมเพียงอย่างเดียว จากการหาค่าสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์ของแรงลมที่มีผลกับปริมาณฝุ่นแต่ละขนาดพบว่าแรงลมมีผลต่อปริมาณฝุ่นทุกขนาดและมีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญในทิศทางบวก โดยพบว่าค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ มีค่าใกล้เคียงกันที่ระดับความเชื่อมั่น 99% และ 95% (แสดงดังตารางที่ 4.6)

ตารางที่ 4.6 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation) ระหว่างฝุ่นละอองทั้ง 4 ขนาดกับแรงลม

Correlations

		PM1	PM2.5	PM4	PM10	TSP	wind
PM1	Pearson Correlation	1	.886**	.902**	.661**	.417**	.254*
	Sig. (2-tailed)		.000	.000	.000	.000	.011
	N	100	100	100	100	100	100
PM2.5	Pearson Correlation	.886**	1	.910**	.771**	.500**	.233*
	Sig. (2-tailed)	.000		.000	.000	.000	.020
	N	100	100	100	100	100	100
PM4	Pearson Correlation	.902**	.910**	1	.795**	.537**	.278**
	Sig. (2-tailed)	.000	.000		.000	.000	.005
	N	100	100	100	100	100	100
PM10	Pearson Correlation	.661**	.771**	.795**	1	.679**	.257**
	Sig. (2-tailed)	.000	.000	.000		.000	.010
	N	100	100	100	100	100	100
TSP	Pearson Correlation	.417**	.500**	.537**	.679**	1	.213*
	Sig. (2-tailed)	.000	.000	.000	.000		.033
	N	100	100	100	100	100	100
wind	Pearson Correlation	.254*	.233*	.278**	.257**	.213*	1
	Sig. (2-tailed)	.011	.020	.005	.010	.033	
	N	100	100	100	100	100	100

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

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

จะเห็นได้ว่าเมื่อปริมาณลมเพิ่มขึ้นจะส่งผลให้มีปริมาณฝุ่นละอองเพิ่มขึ้นเนื่องจากแรงลมจากการสัญจรจะทำปริมาณฝุ่นพุ่งกระจายมากขึ้นจึงสามารถทำการตรวจวัดได้

4.4 แนวทางในการบรรเทาปัญหาเบื้องต้นจากฝุ่นละอองขนาดเล็กที่เกิดจากการจราจร

4.4.1 ความเสี่ยงต่อสุขภาพ

จากข้อมูลการตรวจวัดฝุ่นละออง ในแต่ละขนาดพบว่าฝุ่นละอองที่เกิดมากที่สุดคือ TSP และ PM10 หรือฝุ่นละอองหยาบ ซึ่งพบว่าทำให้เกิดผลต่อสุขภาพในด้าน การมองเห็น ทำให้ ทัศนวิสัยไม่ดี อาจทำให้เกิดการระคายเคืองบริเวณดวงตาเกิดอาการแพ้ และเมื่อสูดดมฝุ่นละอองเข้าไป ฝุ่นละอองหยาบที่มีขนาดระหว่าง 7-10 ไมครอน จะถูกขนจมูกเก็บกังไว้อยู่บริเวณจมูกและคอ ทำให้เกิดการระคายเคืองและอักเสบได้ โดยถูกขับออกมาพร้อมกับเสมหะหรืออาจจะทำให้เกิดการระคายเคืองเยื่อผุโพรงจมูกฝุ่นละอองขนาด 3.3-7 ไมครอน จะถูกดักจับไว้ที่บริเวณคอหอยและทางเดินอาหาร ทำให้เกิดการอักเสบและการระคายเคืองเรื้อรัง (แสดงในรูปที่ 4.3)

รูปที่ 4.3 แสดงการเปรียบเทียบขนาดฝุ่นละอองขนาดเล็กที่มีผลกระทบต่อสุขภาพ
(**ที่มา:** https://www.facebook.com/DustView/?fref=ts)

ส่วนฝุ่นละอองที่มีขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอน เมื่อสูดดมเข้าไปจะสามารถแทรกลึกเข้าไปฝังตัวอยู่ในถุงลมแขนงและถุงลมปอดทำให้ประสิทธิภาพการทำงานของปอดลดลง ผู้ที่ได้รับในปริมาณมากจะหายในบากและหัวใจจะทำงานหนักขึ้น ซึ่งจะมีผลกระทบทำให้เกิดโรคหัวใจและมะเร็งปอดได้

จากข้อมูลดังกล่าว ได้นำฝุ่นละอองขนาด PM10 และ PM2.5 ซึ่งมีค่าเฉลี่ย 212.7 $\mu g/m^3$ และ 65$\mu g/m^3$ ตามลำดับ นำไปเปรียบเทียบเพื่อหาค่า AQI (Air Quality Index) ตามมาตรฐานของ EPA (Environmental Protection Agency) ของสหรัฐอเมริกา ซึ่งฝุ่นละอองขนาด PM10 มีค่า AQI เท่ากับ 129 พบว่าคุณภาพอากาศมีผลกระทบต่อบุคคลบางกลุ่ม และฝุ่นละอองขนาด PM2.5 มีค่า AQI เท่ากับ 156 พบว่าคุณภาพอากาศมีผลกระทบต่อสุขภาพ (แสดงดังตารางที่ 4.7)

ตารางที่ 4.7 ค่า AQI กับผลกระทบต่อสุขภาพ

ค่าAQI	ผลกระทบที่เกิดต่อสุขภาพ
AQI (0-50) คุณภาพอากาศดี	- ผลกระทบต่อสุขภาพอยู่ในระดับต่ำหรืออาจไม่มีเลย - สามารถทำกิจกรรมได้ตามปกติ
AQI (51-100) คุณภาพอากาศปานกลาง	- ผลกระทบต่อสุขภาพอยู่ในระดับปานกลาง - มีผลกระทบต่อบุคคลบางกลุ่ม - ควรหลีกเลี่ยงสถานฝุ่นละออง
AQI (101-150) คุณภาพอากาศมีผลกระทบต่อบุคคลบางกลุ่ม	- ผลกระทบต่อสุขภาพในกลุ่มของคนที่เป็นโรคทางเดินหายใจ เช่น ภูมิแพ้ - จำกัดเวลากิจกรรมนอกอาคาร
AQI (151-200) คุณภาพอากาศมีผลกระทบต่อสุขภาพ	- เริ่มมีผลกระทบต่อสุขภาพ - ลดกิจกรรมที่ต้องใช้ระยะเวลาและออกนอกอาคาร
AQI (201-300) คุณภาพอากาศมีผลกระทบต่อสุขภาพมาก	- มีผลกระทบต่อสุขภาพมาก - หลีกเลี่ยงกิจกรรมที่ต้องใช้ระยะเวลาและออกนอกอาคาร - หากหลีกเลี่ยงไม่ได้ให้ลดระยะเวลาและสวมหน้ากากป้องกันฝุ่นละออง
AQI (301-500) คุณภาพอากาศมีผลกระทบต่อสุขภาพอย่างรุนแรง	- มีผลกระทบต่อสุขภาพอย่างรุนแรง - ทำกิจกรรมนอกอาคารให้น้อยที่สุด - สวมหน้ากากป้องกันฝุ่นละอองหากจำเป็นต้องออกนอกอาคาร

(**ที่มา :** Environmental Protection Agency, 2012)

จากตารางค่า AQI ข้างต้นพบว่า ปริมาณฝุ่นละอองอยู่ในระดับที่มีผลกระทบต่อสุขภาพ โดยจะมีผลกระทบต่อบุคคลบางกลุ่ม ดังนั้นจึงมีคำแนะนำในการปฏิบัติตนของกลุ่มบุคคลแต่ละกลุ่มดังนี้ ประชาชนทั่วไปควรลดกิจกรรมที่ต้องใช้เวลาและออกแรงมากนอกอาคาร ประชาชนกลุ่มเสี่ยง ได้แก่ เด็ก สตรีมีครรภ์และคนชรา ควรจำกัดกิจกรรมที่ต้องใช้เวลาและออกแรงมากนอกอาคาร ส่วนกลุ่มผู้ป่วยโรคระบบทางเดินหายใจ ระบบหลอดเลือดและหัวใจ ควรหลีกเลี่ยงกิจกรรมที่ต้องใช้เวลาและออกแรงมากนอกอาคาร และถ้าหากหลีกเลี่ยงไม่ได้ให้ลดระยะเวลาและสวมหน้ากากป้องกันฝุ่นละออง

4.4.2 แนวทางในการบรรเทาปัญหาเบื้องต้นที่เกิดจากฝุ่นละอองขนาดเล็กจากการจราจร

จากปัญหาดังกล่าวที่เกิดจากฝุ่นละอองขนาดเล็ก ได้ส่งผลกระทบทั้งในด้านทัศนียภาพ ทัศนวิสัยในการขับขี่ยานพาหนะ รวมถึงผลกระทบทางด้านสุขภาพของชุมชนบริเวณตลาดองครักษ์ ดังนั้นแนวทางในการบรรเทาปัญหาเบื้องต้นที่เกิดจากฝุ่นละอองขนาดเล็กสามารถเสนอแนวทางการแก้ไขแบ่งเป็นในระยะสั้นและระยะยาวได้ดังนี้

4.4.2.1 แนวทางการแก้ไขปัญหาในระยะสั้น

1) เสนอให้มีการฉีดพ่นละอองน้ำตลาดความยาวถนนและบริเวณตลาดองครักษ์ โดยทำการฉีดพ่นน้ำตรงถนนบริเวณบ้านของตนเองหรือให้เจ้าหน้าที่เทศบาลนำรถมาฉีดพ่นละอองน้ำตลอดความยาวถนน (แสดงในรูปที่ 4.4) เพื่อให้ฝุ่นละอองขนาดเล็กจับตัวกันเป็นอนุภาคขนาดใหญ่แล้วตกลงบนพื้นและยังไม่ให้ฝุ่นที่อยู่ตามพื้นถนนฟุ้งกระจายเมื่อมีรถผ่าน โดยช่วงเวลาที่เหมาะสมคือช่วงเวลาที่จราจรมากและช่วงเวลาที่มีแดดมาก

รูปที่ 4.4 แสดงรถเทศบาลฉีดพ่นละอองน้ำตลอดความยาวถนน

(ที่มา : https://www.facebook.com/DustView/?fref=ts)

2) หลีกเลี่ยงการออกนอกอาคารหรือที่ร่มรวมถึงการออกกำลังกายในที่กลางแจ้งจากการสำรวจฝุ่นละอองพบว่า ฝุ่นละอองขนาด PM10 มีค่าเฉลี่ย AQI เท่ากับ 129 และฝุ่นละอองขนาด PM2.5 มีค่าเฉลี่ย AQI เท่ากับ 156 พบว่าคุณภาพอากาศมีผลกระทบต่อบุคคลบางกลุ่ม จึงแบ่งเป็น 3 กลุ่มดังนี้

- ประชาชนทั่วไป ลดกิจกรรมที่ต้องใช้เวลาและออกแรงมากนอกอาคาร

- กลุ่มเสี่ยง เช่น ผู้สูงอายุ เด็ก และสตรีมีครรภ์ จำกัดกิจกรรมที่ต้องใช้เวลาและออกแรงมากนอกอาคาร

- ผู้ป่วยโรคระบบทางเดินหายใจ ระบบหลอดเลือด และหัวใจ หลีกเลี่ยงกิจกรรมที่ต้องใช้เวลาและออกแรงมากนอกอาคาร หากหลีกเลี่ยงไม่ได้ให้ลดระยะเวลาหรือสวมหน้ากากอนามัย

3) รณรงค์ให้ประชาชน พ่อค้า แม่ค้า ที่อาศัยอยู่บริเวณริมถนนบริเวณตลาดองครักษ์ สวมหน้ากากกันฝุ่น เพื่อช่วยป้องกันไม่ให้ฝุ่นละอองขนาดเล็กเข้าสู่ระบบทางเดินหายใจจากการสำรวจฝุ่นละอองขนาด PM1 PM2.5 PM4 PM10 และ TSP ได้ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 22.2 65 100 212.7 และ 277.7 ตามลำดับ โดยหน้ากากกันฝุ่นมีด้วยกัน 2 แบบ คือ หน้ากากอนามัยทั่วไปจะสามารถป้องกันฝุ่นละอองได้เฉลี่ย 3 ไมครอน (แสดงดังรูปที่ 4.5) และหน้ากาก N95 จะสามารถป้องกันฝุ่นละอองขนาดเล็กมาก ได้ 0.3 ไมครอน (แสดงดังรูปที่ 4.6) ซึ่งเห็นได้ชัดว่า ฝุ่นละอองที่มีปริมาณมากที่สุดคือ ฝุ่นละอองขนาด TSP และ PM10 เป็นฝุ่นละอองที่มีขนาดใหญ่กว่า 3 ไมครอนทั้งหมด ดังนั้นสามารถใช้หน้ากากอนามัยทั่วไปได้เพราะสามารถป้องกันฝุ่นละอองขนาด 3 ไมครอนได้ดีอยู่แล้ว และมีราคาถูกกว่าหน้ากาก N95

รูปที่ 4.5 หน้ากากอนามัยแบบทั่วไป

(**ที่มา :** http://www.intechpremier.com/)

รูปที่ 4.6 หน้ากากอนามัยชนิด N95

(**ที่มา :** https://www.facebook.com/DustView/)

4) เมื่อแสบตาหรือเคืองตา ควรใช้น้ำตาเทียมหรือยาหยอดตากลุ่มลดการระคายเคือง และไม่ควรไปสัมผัสบริเวณดวงตา โดยนอนราบดึงหนังตาล่างลง หยอดแล้วนอนต่อ 4-5 นาทีก่อนลุก หยอดซ้ำทุกๆ 4-6 ชั่วโมง และไม่ควรใช้ยาหยอดตาหลังเปิดขวดแล้วเกิน 1 เดือน หรือให้ประชาชนใช้แว่นตาที่ป้องกันฝุ่นละออง (แสดงดังรูปที่ 4.7) เพื่อไม่ให้ฝุ่นสัมผัสกับดวงตาโดยตรง ทำให้เกิดโรค เยื่อบุตาอักเสบหรือระคายเคืองเยื่อบุตา

รูปที่ 4.7 แว่นตากันฝุ่น

(**ที่มา :** http://www.winning108.com/)

4.4.2.2 แนวทางการแก้ไขปัญหาในระยะยาว

1) เสนอให้หน่วยงานที่รับผิดชอบ เช่น อบต. สถานีอนามัย มีการตรวจวัดปริมาณฝุ่นละอองอย่างต่อเนื่อง และประชาสัมพันธ์รวมถึงสุขภาพของประชาชน เนื่องจากค่าเฉลี่ยของฝุ่นละอองขนาด PM2.5 เมื่อนำมาหาค่า AQI แล้วพบว่ามีค่าเท่ากับ 156 ซึ่งมีผลกระทบต่อสุขภาพของผู้คนทุกกลุ่ม ดังนั้นหน่วยงานที่เกี่ยวข้องจึงควรเร่งดำเนินการแก้ไขปัญหาในการลดฝุ่นละอองโดยเร็ว โดยหากมีการตรวจวัดและประชาสัมพันธ์ให้ประชาชนได้รับทราบอย่างต่อเนื่อง จะทำให้ประชาชนบริเวณนั้นรับรู้ถึงปริมาณฝุ่นละออง ผลกระทบจากฝุ่นละอองเล็ก ข้อควรปฏิบัติ แนวทางการป้องกันเพื่อลดผลกระทบจากฝุ่นละออง ซึ่งอาจมีการตั้งสถานีประชาสัมพันธ์ หรือประกาศทางช่องทางต่างๆ เช่น Facebook Line หรือ Website เป็นต้น

2) จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของฝุ่นละอองแต่ละขนาดดังกล่าวข้างต้นกับกลุ่มยานพาหนะ พบว่ากลุ่มยานพาหนะที่มีความสัมพันธ์กับปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กตั้งแต่ PM1 – TSP ส่วนใหญ่เป็นยานพาหนะในกลุ่มที่ 2 และกลุ่มที่ 4 ซึ่งเป็นรถประเภท รถบรรทุกขนาดใหญ่ รถพ่วง และรถกึ่งพ่วง ดังนั้นจึงเสนอให้มีการจำกัดช่วงเวลาการวิ่งผ่านของกลุ่มรถประเภทดังกล่าวบนถนนทางหลวง

ชนบท นย.3001 โดยให้มีการเดินรถในกลุ่มนี้เฉพาะในช่วงเวลากลางคืนในเวลาประมาณตั้งแต่ 23.00 น. ถึง 03.00 น. เนื่องจากไม่มีการทำกิจกรรมของประชาชนในบริเวณนั้นมากนัก

หรือหากรถในกลุ่มนี้จำเป็นต้องใช้ช่วงเวลากลางวันในการเดินทาง อาจมีการเสนอทางเลือกอีกทางหนึ่งคือ ให้รถในกลุ่มที่ 2 และกลุ่มที่ 4 เปลี่ยนเส้นทางในการจราจรไปใช้ถนนเส้น 3051 (ดังรูปที่ 4.8) แทนการใช้ถนนทางหลวงชนบท นย.3001 ตอนกลางวันเพื่อหลีกเลี่ยงการสัญจรผ่านบริเวณหน้าตลาดองครักษ์

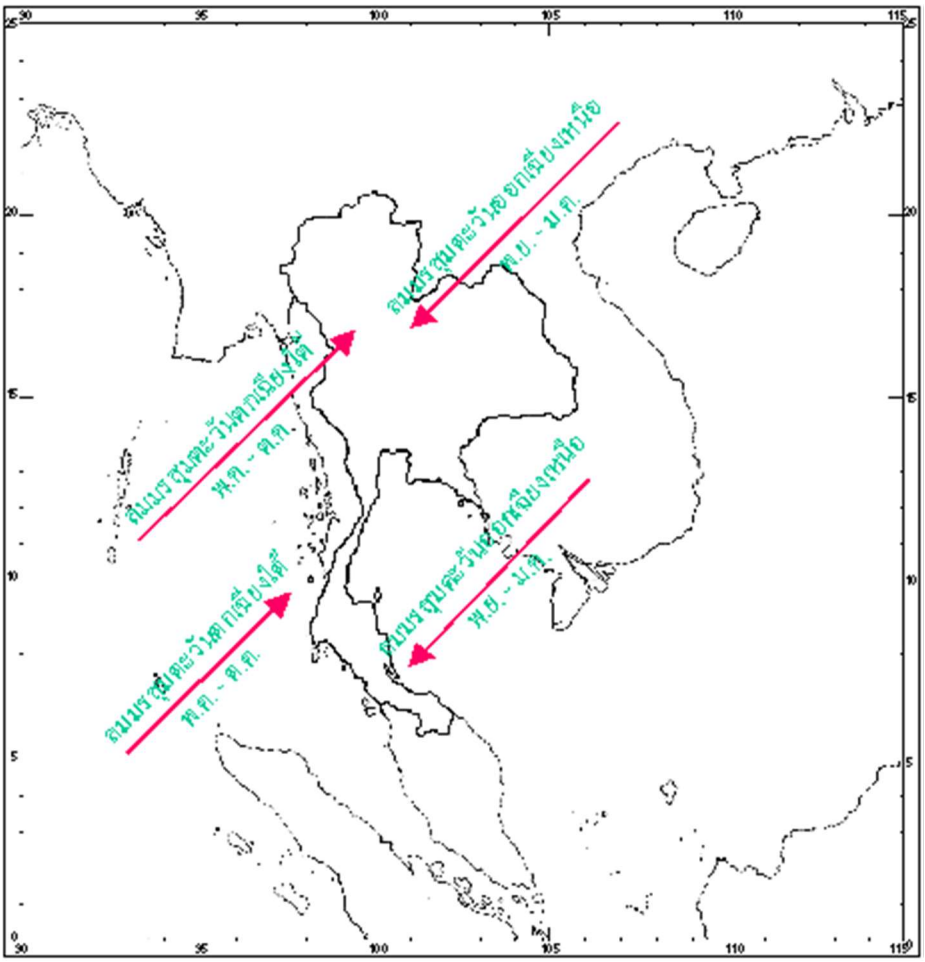
รูปที่ 4.8 เส้นทางที่ใช้หลีกเลี่ยงการสัญจรผ่านบริเวณตลาดองครักษ์

(**ที่มา** : https://www.google.co.th/maps/dir)

3) เสนอให้มีการปรับปรุงโครงสร้างถนน เนื่องจากสภาพถนนทางหลวงชนบท นย.3001 ในปัจจุบันมีสภาพทรุดโทรมจากการสัญจรโดยยานพาหนะขนาดใหญ่อย่างต่อเนื่อง ดังนั้นควรมีการปรับปรุงถนน ให้อยู่ในสภาพปกติเพื่อลดปริมาณฝุ่นและลดอุบัติเหตุต่างๆ ที่อาจเกิดขึ้นในการสัญจรได้

รูปที่ 4.9 สภาพถนนทางหลวงชนบท นย.3001 (ถนนที่ผ่านหน้าตลาดองครักษ์) ในปัจจุบันที่มีการเสื่อมสภาพ

4) เสนอให้มีการปลูกแนวต้นไม้ตลอดแนวถนน บริเวณถนนฝั่งด้านตรงข้ามตลาดองครักษ์ เพื่อป้องกันลมที่พัดผ่านตลาดองครักษ์ โดยลมที่มีผลกับตลาดองครักษ์คือลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ซึ่งมีทิศทางลมพัดเข้าสู่ตลาดองค์รักและอาจนำพาฝุ่นละอองเข้าไปในบริเวณตลาดองครักษ์ได้ การปลูกแนวต้นไม้จะช่วยลดปริมาณฝุ่นละอองบางส่วนที่จะเข้าไปในบริเวณตลาดองครักษ์ได้



รูป 4.10 ลมที่พัดเข้าสู่ประเทศไทย

(**ที่มา** : https://www.tmd.go.th/info/images/photos/pic_weather02.gif)

บทที่ 5

สรุปผล และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผล

จากการศึกษาปริมาณฝุ่นละอองที่เกิดจากการสัญจรโดยยานพาหนะบริเวณตลาดองครักษ์ สามารถสรุปได้ว่า

5.1.1 ปริมาณยานพาหนะสะสมต่อวัน ในบริเวณชุมชนตลาดองครักษ์ มีปริมาณยานพาหนะประเภทรถยนต์ส่วนบุคคล รถยนต์ส่วนบุคคลกระบะและรถยนต์กระบะบรรทุก เนื่องจากเป็นแหล่งชุมชนที่มีผู้อาศัย มีโรงพยาบาลองครักษ์ สถานีตำรวจ มหาวิทยาลัยอยู่บริเวณนั้น และพบว่ากลุ่มยานพาหนะที่พบน้อยที่สุดคือ กลุ่มที่ 6 รถดัดแปลงการเกษตร โดยช่วงเวลาที่มีการสะสมตัวของกลุ่มยานพาหนะมากที่สุดคือ ในช่วงเวลากลางวัน โดยเฉพาะในช่วงเช้า เวลา 7.00 น. – 9.00 น. พบปริมาณยานพาหนะมากที่สุด เนื่องจากในช่วงเวลานี้ประชาชนมีการเดินทางสัญจรออกจากที่พักไปที่ทำงานหรือ สถานศึกษา จึงทำให้พบปริมาณยานพาหนะมาก รองลงมาคือ ช่วงเวลา 17.00 น. - 19.00 น. ซึ่งพบว่าช่วงนี้ประชนชนเดินทางกลับที่พัก รวมถึงเข้ามาบริเวณตลาดองครักษ์ เพื่อจับจ่ายหาซื้อสินค้าในกาอุปโภคและบริโภค ส่วนช่วงเวลาที่พบยานพาหนะน้อยคือ ช่วงเวลาตั้งแต่ 21.00 น. - 05.00 น.

5.1.2 ความสัมพันธ์ปริมาณยานพาหนะแต่ละกลุ่มกับฝุ่นแต่ละขนาด จากการที่ได้นำข้อมูลที่ได้สำรวจมาวิเคราะห์ผลพบว่า

1) ยานพาหนะกลุ่มที่ 2 ได้แก่ รถบรรทุกขนาดใหญ่ 3 เพลาและรถโดยสารขนาดใหญ่ มีความสัมพันธ์กับปริมาณฝุ่น PM1 เนื่องจากการเผาไหม้ในยานพาหนะกลุ่มสองเป็นการเผาไหม้น้ำมันดีเซล ซึ่งคาดว่าน่าจะเกิดการปล่อยฝุ่นละอองขนาด PM1 หรือฝุ่นละอองขนาดเล็กได้มาก

2) ยานพาหนะกลุ่มที่ 2 ได้แก่ รถบรรทุกขนาดใหญ่ 3 เพลาและรถโดยสารขนาดใหญ่ กับยานพาหนะกลุ่มที่ 5 ได้แก่ รถจักรยานยนต์และรถสามล้อเครื่องมีความสัมพันธ์กับปริมาณฝุ่น PM2.5 เนื่องจากยานพาหนะกลุ่มที่ 2 มีการเผาไหม้น้ำมันดีเซลซึ่งคาดว่าน่าจะเกิดการปล่อยฝุ่นละอองขนาดเล็ก และยานพาหนะกลุ่มที่ 5 มีปริมาณมากและอาจมีการดัดแปลงเครื่องยนต์ทำให้เกิดปริมาณฝุ่นขนาด PM2.5 มากเป็นอันดับสองรองจากยานพาหนะกลุ่มที่ 2

3) ยานพาหนะกลุ่มที่ 2 ได้แก่ รถบรรทุกขนาดใหญ่ 3 เพลาและรถโดยสารขนาดใหญ่ ยานพาหนะกับกลุ่มที่ 4 ได้แก่ รถบรรทุกขนาดเล็ก (4ล้อ) รถบรรทุกขนาดกลาง 2 เพลารถโดยสารขนาดเล็กและ รถโดยสารขนาดกลางมีความสัมพันธ์กับปริมาณฝุ่น PM4 เนื่องจากรถทั้งสองประเภทมีการเผาไหม้น้ำมันดีเซลซึ่งมีการปล่อยฝุ่นละอองขนาดเล็กมากแต่ที่ยานพาหนะกลุ่มที่ 5 ไม่ได้ปล่อยฝุ่นขนาด PM4 มากอาจเป็นเพราะเครื่องยนต์ที่ดัดแปลงอาจจะก่อให้เกิดฝุ่นขนาด PM2.5 แต่ไม่เกิดฝุ่นขนาด PM4

4) ยานพาหนะกลุ่มที่ 4 ได้แก่ รถบรรทุกขนาดเล็ก (4ล้อ) รถบรรทุกขนาดกลาง 2 เพลารถโดยสารขนาดเล็กและ รถโดยสารขนาดกลางมีความสัมพันธ์กับปริมาณฝุ่น PM 10 เนื่องจากยานพาหนะกลุ่มที่ 4 มีการบดอัดของล้อรถมากกว่ายานพาหนะกลุ่มอื่นจึงทำให้เกิดฝุ่นขนาด PM10 มาก

5) ยานพาหนะกลุ่มที่ 1 ได้แก่ รถยนต์ส่วนบุคคลรถยนต์ส่วนบุคคลกระบะและรถยนต์กระบะบรรทุก กับยานพาหนะกลุ่ม 4 ได้แก่ รถบรรทุกขนาดเล็ก (4ล้อ) รถบรรทุกขนาดกลาง 2 เพลารถโดยสารขนาดเล็กและ รถโดยสารขนาดกลางมีความสัมพันธ์กับปริมาณฝุ่น TSP เนื่องจากยานพาหนะกลุ่มที่ 1 มีปริมาณมากที่สุดทำให้เกิดการพัดพาฝุ่นขนาด TSP ได้มาก และยานพาหนะกลุ่มที่ 4 มีขนาดใหญ่ซึ่งสามารถพัดพาฝุ่นขนาด TSP ได้มากเช่นกัน จึงทำให้ยานพาหนะกลุ่มที่ 1 และกลุ่มที่ 4 ปล่อยฝุ่นขนาด TSP มากที่สุด

และสามารถสรุปได้ว่ายานพาหนะกลุ่มที่ 2 มีความสัมพันธ์กับปริมาณฝุ่นละเอียด PM1 PM2.5 PM4 มากที่สุด และยานพาหนะกลุ่ม 4 มีความสัมพันธ์กับปริมาณฝุ่น PM10 และ TSP มากที่สุด

5.1.3 การบรรเทาปัญหาเบื้องต้นที่เกิดจากผลกระทบของฝุ่นละอองต่อประชาชนและสิ่งแวดล้อมที่อาศัยอยู่ในบริเวณทางสัญจรนั้น ได้เสนอแนวทางหลายแนวทางโดยแบ่งเป็นแนวทางแก้ไขปัญหาระยะสั้นได้แก่ เสนอให้ทำการฉีดพ่นน้ำตรงถนนบริเวณบ้านของตนเองหรือให้เจ้าหน้าที่เทศบาลนำรถมาฉีดพ่นละอองน้ำตลอดความยาวถนน เสนอให้ประชาชนหลีกเลี่ยงการออกนอกอาคารหรือการทำกิจกรรมนอกอาคารเป็นระยะเวลานาน รวมถึงการออกกำลังกายในที่กลางแจ้งเป็นระยะเวลานาน เสนอให้มีการรณรงค์ให้ประชาชนที่อาศัยอยู่บริเวณริมถนนบริเวณตลาดองครักษ์ สวมหน้ากากอนามัย ที่สามารถช่วยป้องกันไม่ให้ฝุ่นละอองขนาดต่ำกว่า 10 ไมครอน เข้าสู่ระบบทางเดินหายใจเบื้องต้น รวมถึงควรใช้น้ำตาเทียมหรือยาหยอดตาเมื่อเกิดการระคายเคือง และไม่ควรไปสัมผัสบริเวณดวงตาส่วนแนว

ทางแก้ไขปัญหาในระยะยาว ได้แก่ เสนอให้หน่วยงานที่รับผิดชอบเกี่ยวกับสุขภาพประชาชน เช่น อบต. สถานีอนามัย มีการตรวจวัดปริมาณฝุ่นละอองอย่างต่อเนื่อง และประชาสัมพันธ์ เพื่อให้ประชาชนรับรู้ถึงปริมาณฝุ่นละออง ผลกระทบจากฝุ่นละอองเล็ก และแนวทางการป้องกันเพื่อลดผลกระทบจากฝุ่นละอองต่อสุขภาพ รวมถึงเสนอให้มีการจำกัดช่วงเวลาการวิ่งผ่านของกลุ่มรถประเภทดังกล่าวเฉพาะในช่วงเวลากลางคืน แต่ถ้าหากรถในกลุ่มนี้จำเป็นต้องใช้ช่วงเวลากลางวันในการเดินทาง อาจไปใช้เส้นทาง 3051 แทนการใช้ถนนทางหลวงชนบท นย.3001 รวมถึง เสนอให้มีการปรับปรุงโครงสร้างถนน เพื่อให้ถนนอยู่ในสภาพปกติเพื่อลดปริมาณฝุ่นและลดอุบัติเหตุต่างๆ ที่อาจเกิดขึ้นในการสัญจรได้ รวมถึงเสนอให้มีการปลูกแนวต้นไม้ เพื่อป้องกันลมลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ซึ่งมีทิศทางลมพัดเข้าสู่ตลาดองค์รักและอาจนำพาฝุ่นละอองเข้าไปในบริเวณตลาดองครักษ์ได้

5.2 ข้อเสนอแนะในการศึกษาครั้งต่อไป

จากการศึกษาในครั้งนี้ พบว่าปัจจัยเรื่องความเร็วของยานพาหนะที่ผ่านบริเวณตลาดองครักษ์ มีส่วนสำคัญที่ทำให้เกิดฝุ่นละอองขนาดเล็กเช่นเดียวกัน โดยหากต้องการตรวจวัดความเร็วของยานพาหนะที่วิ่งผ่านบริเวณตลาดองครักษ์นั้นควรจะต้องมีเครื่องตรวจจับความเร็วรถเพื่อให้เกิดความคลาดเคลื่อนให้น้อยที่สุด และในการลงภาคสนามเพื่อทำการเก็บข้อมูลปริมาณฝุ่นละออง พบว่าบริเวณจุดเก็บตัวอย่างมีปริมาณยานพาหนะหนาแน่น โดยยานพาหนะที่ผ่านมายังจุดเก็บข้อมูลเป็นกลุ่มยานพาหนะที่มาครั้งละหลายๆ คัน ประกอบกับในการเก็บตัวอย่างแต่ละครั้งจะมีกลุ่มยานพาหนะสัญจรผ่านหลายกลุ่ม จึงทำให้ไม่สามารถใช้ข้อมูลทั้งหมดในการวิเคราะห์ค่าทางสถิติ เพื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฝุ่นกับกลุ่มของยานพาหนะจึงทำให้ต้องมีการจัดชุดข้อมูลเป็นกลุ่มๆ เพื่อให้สามารถวิเคราะห์ค่าทางสถิติได้ โดยเสนอแนะให้มีการเพิ่มจุดเก็บตัวอย่างในบริเวณที่มีการจราจรค่อนข้างน้อย จึงจะทำให้ผลการวิเคราะห์ค่าความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฝุ่นกับยานพาหนะมีความแม่นยำมากขึ้น

เอกสารอ้างอิง

กรมควบคุมมลพิษ. (2548). *การทดสอบการปล่อยมลพิษของรถยนต์ดีเซล.* กรุงเทพฯ: สหมิตรพริ้นติ้ง แอนด์พับลิสชิ่ง จำกัด.

กรมควบคุมมลพิษ. (2550). *หลักการตรวจวัดและขั้นตอนการเปรียบเทียบการตรวจวัดคุณภาพอากาศ.* กรุงเทพฯ: สหมิตรพริ้นติ้ง แอนด์พับลิสชิ่ง จำกัด.

กรมโรงงานอุตสาหกรรม. (2550). *ตำราระบบบำบัดมลพิษทางอากาศ.* พิมพ์ครั้งที่2. กรุงเทพฯ: ศูนย์บริการวิชาการแห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

กัลยา วานิชย์บัญชา. (2552). *การวิเคราะห์สถิติขั้นสูงด้วย SPSS for windows*. พิมพ์ครั้งที่7. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ชมพูนุข รินทร์ศรี. (2542). *พฤติกรรมในการลดมลพิษทางอากาศของผู้ขับขี่รถยนต์ส่วนบุคค ในเขตอำเภอเมืองเชียงใหม่* เชียงใหม่ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

ณัชนพ อัครปรีดี; นายรัศมิมัต เกตุสมบูรณ์; นายสิทธิภาพ วงคณารักษ์.(2558). *การศึกษาปริมาณฝุ่นละอองที่เกิดจากการสัญจรโดยยานพาหนะบริเวณตลาดองครักษ์ภาคกลาง*. ปริญญานิพนธ์ว ศ.บ. (วิศวกรรมบัณฑิต). นครนายก : บัณฑิตมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

พงศ์เทพ วิวรรธนะเดช และคณะ. (2550). *โครงการระดับรายวันของฝุ่นในอากาศ และผลกระทบต่อสุขภาพในผู้ป่วยที่เป็นโรคหอบหืดจังหวัดเชียงใหม่และลำพูน* กรุงเทพฯ : สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย

พรเพิ่ม พรมมาส. (2540). *พฤติกรรมการป้องกันอันตรายต่อสุขภาพที่มีสาเหตุจากมลภาวะทางอากาศของโรงไฟฟ้าแม่เมาะ* เชียงใหม่ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

มงคล รายะนาคร. (2550). *โครงการการวิเคราะห์เพื่อหามลพิษทางอากาศในอนุภาคฝุ่น ในจังหวัดเชียงใหม่และจังหวัดลำพูน* กรุงเทพฯ : สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย

รุ่ง ศรีโพธิ์. (2541). *ความคิดเห็นของประชาชนต่อการจัดการสิ่งแวดล้อมเมืองของเทศบาลนครเชียงใหม่* เชียงใหม่ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

เอกสารอ้างอิง(ต่อ)

เรืองวิทย์ ครองยุติ. (2548). *การมีส่วนร่วมของผู้ขับขี่รถบรรทุกในการแก้ปัญหามลพิษทางอากาศ* กรุงเทพฯ : สาขาสังคมศาสตร์เพื่อการพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร

สุธิดา พันธ์พัฒน์. (2540). *ความรู้และพฤติกรรมการป้องกันเกี่ยวกับปัญหามลภาวะทางอากาศของตำรวจจราจร ในพื้นที่การจราจรเมืองลำปางและเมืองเชียงใหม่* เชียงใหม่ : มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

อุษณีย์ วินิจเขตคำนวณ. (2548). *การทำลายดีเอนเอของเซลล์ถุงลมปอดจากการออกซิไดส์ด้วยสารสกัดจากฝุ่นขนาดเล็ก PM 2.5 และ PM 10 ในอากาศเชียงใหม่และลำพูน* เชียงใหม่ : มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

Environmental Protection Agency. (2012). *Air Quality Index.* Hoboken, NJ: Wiley.

www.botcleanerpro.com/article/12/6-อันตรายจากฝุ่นในบ้าน-ที่ไม่ควรมองข้าม

http://es-cmu.blogspot.com/2012/07/blog-post_2827.html

www.rmutphysics.com/charud/oldnews/182/cyclone.pdf

www.facebook.com/DustView/?fref=ts

www.intechpremier.com

www.facebook.com/DustView

www.winning108.com

https://www.google.co.th/maps/dir

https://www.tmd.go.th/info/images/photos/pic_weather02.gif

https://www.google.co.th/maps/place/Ongkharak+Market

ภาคผนวก ก

ข้อมูลปริมาณจราจร ณ จุดเก็บตัวอย่าง

ตารางที่ ก-1 ข้อมูลปริมาณจราจรของยานพาหนะแต่ละกลุ่มสะสมต่อวัน ณ จุดเก็บตัวอย่าง

ประเภท	จำนวน
รถกลุ่มที่ 1	7,653
รถกลุ่มที่ 2	1,352
รถกลุ่มที่ 3	860
รถกลุ่มที่ 4	914
รถกลุ่มที่ 5	3,653
รถกลุ่มที่ 6	20
รวม	14,452

ตารางที่ ก-2 ข้อมูลปริมาณยานพาหนะแต่ละกลุ่มที่สะสมในแต่ละช่วงเวลา

เวลา	กลุ่มที่ 1 (คัน)	กลุ่มที่ 2 (คัน)	กลุ่มที่ 3 (คัน)	กลุ่มที่ 4 (คัน)	กลุ่มที่ 5 (คัน)	กลุ่มที่ 6 (คัน)
9.00-11.00	929	118	78	113	239	3
11.00-13.00	972	135	86	106	363	2
13.00-15.00	920	165	77	116	291	2
15.00-17.00	786	64	94	88	476	4
17.00-19.00	1059	101	88	104	733	3
19.00-21.00	807	49	53	155	528	0
21.00-23.00	296	54	15	102	194	1
23.00-01.00	126	42	7	93	60	0
01.00-03.00	68	48	3	66	20	0
03.00-05.00	82	71	18	90	32	0
05.00-07.00	470	113	80	157	260	0
07.00-09.00	1278	145	115	160	458	5

ตารางที่ ก-3 ข้อมูลยานพาหนะแต่ละกลุ่ม ณ จุดเก็บตัวอย่าง

ครั้งที่	กลุ่ม 1 (คัน)	กลุ่ม 2 (คัน)	กลุ่ม 3 (คัน)	กลุ่ม 4 (คัน)	กลุ่ม 5 (คัน)	กลุ่ม 6 (คัน)
1	2	0	0	0	2	0
2	4	3	0	2	2	0
3	6	3	1	3	2	0
4	3	0	1	1	2	0
5	3	4	1	3	2	0
6	3	2	2	1	2	0
7	4	0	1	0	2	0
8	1	6	1	4	2	0
9	3	1	0	0	0	0
10	4	2	0	0	1	0
11	4	4	0	4	1	0
12	4	0	0	1	1	0
13	7	0	1	1	2	0
14	6	0	3	1	1	0
15	6	1	1	1	5	0
16	4	0	2	0	1	0
17	2	0	0	0	3	0
18	8	2	0	1	2	0
19	3	1	0	1	3	0
20	1	3	0	1	3	0
21	6	0	1	0	1	0
22	3	1	0	1	4	0
23	3	3	1	1	4	0
24	1	1	2	0	5	0
25	3	1	3	0	4	0
26	5	0	0	0	5	0
27	2	2	1	2	2	0
28	3	1	0	0	5	0
29	4	0	0	0	2	0

ครั้งที่	กลุ่ม1 (คัน)	กลุ่ม2 (คัน)	กลุ่ม3 (คัน)	กลุ่ม4 (คัน)	กลุ่ม5 (คัน)	กลุ่ม6 (คัน)
30	6	0	2	1	2	0
31	1	1	0	0	1	0
32	9	0	0	0	6	0
33	4	0	1	0	5	0
34	4	2	2	0	7	0
35	3	2	2	3	1	0
36	1	1	1	0	1	0
37	1	0	1	0	1	0
38	0	0	1	1	1	0
39	1	3	1	0	2	0
40	0	0	0	0	3	0
41	2	0	0	0	1	0
42	3	0	0	3	2	0
43	2	2	1	0	0	0
44	5	0	0	0	2	0
45	2	1	0	2	4	0
46	4	0	0	2	5	0
47	4	1	0	3	4	0
48	4	1	1	0	1	0
49	5	2	1	0	6	0
50	6	2	1	0	3	0
51	2	0	1	0	2	0
52	5	0	1	0	6	0
53	2	2	0	0	2	0
54	2	0	2	1	5	0
55	7	0	1	1	5	0
56	7	0	0	1	3	0
57	0	0	0	0	5	0
58	2	0	0	0	6	0
59	5	2	2	0	2	0

ครั้งที่	กลุ่ม1 (คัน)	กลุ่ม2 (คัน)	กลุ่ม3 (คัน)	กลุ่ม4 (คัน)	กลุ่ม5 (คัน)	กลุ่ม6 (คัน)
60	4	0	4	0	5	0
61	0	0	1	0	7	0
62	2	0	1	2	5	0
63	4	1	2	0	5	0
64	5	1	2	1	6	0
65	1	0	1	1	5	0
66	6	0	1	0	3	0
67	1	3	1	1	1	0
68	2	2	0	0	5	0
69	1	1	1	2	3	0
70	0	1	5	0	3	1
71	2	1	1	0	6	0
72	2	0	3	0	3	0
73	2	0	0	0	3	0
74	7	0	1	0	3	0
75	4	0	1	0	2	0
76	1	2	0	1	5	0
77	2	1	0	1	5	0
78	5	0	0	0	6	0
79	2	0	0	0	6	0
80	3	0	1	0	4	0
81	4	2	0	2	4	0
82	5	0	0	0	3	0
83	2	1	1	1	3	0
84	4	0	0	1	2	0
85	7	0	3	0	7	0
86	3	2	0	0	2	0
87	4	0	0	3	1	0
88	1	0	1	0	5	0
89	13	1	1	4	3	0

ครั้งที่	กลุ่ม1 (คัน)	กลุ่ม2 (คัน)	กลุ่ม3 (คัน)	กลุ่ม4 (คัน)	กลุ่ม5 (คัน)	กลุ่ม6 (คัน)
90	1	0	0	0	6	0
91	4	0	1	0	6	0
92	5	3	2	0	2	0
93	4	2	4	0	0	0
94	4	0	1	0	3	0
95	5	1	3	0	1	0
96	6	0	1	1	4	0
97	10	0	1	0	2	0
98	4	0	2	0	0	0
99	5	0	0	0	4	0
100	6	0	1	2	4	0
รวม	360	88	92	70	318	1

ภาคผนวก ข

(ข้อมูลปริมาณฝุ่นละอองแต่ละประเภท ณ จุดเก็บตัวอย่าง)

ตารางที่ ข-1 ข้อมูลปริมาณฝุ่นละอองแต่ละประเภท ณ จุดเก็บตัวอย่าง

ครั้งที่	PM1	PM2.5	PM4	PM10	TSP
1	3	14.6	26.3	52.3	62.2
2	4.4	22.4	46.2	104.4	127.8
3	2.4	3.7	35.7	117	152.7
4	5.4	37.5	50.1	78.7	99.1
5	5.3	28	60.1	132.8	160.5
6	3.5	12	26.9	67.1	85
7	2.1	7.3	16.3	41.2	51.1
8	5.1	33	69	129.1	140.8
9	4	17.7	44.3	135.9	198.7
10	2.3	8.7	23.4	68.6	90.8
11	4.5	23.3	55.2	129.2	154.5
12	2.4	7.7	21.5	83.9	122.1
13	4.1	24.4	48.4	154.8	213.9
14	3.8	3.7	27.7	68.3	92.9
15	4.5	24.5	40.3	98.7	133.9
16	3.1	14.8	31.1	105.8	159.4
17	8.4	64.5	82.6	144.1	165.1
18	14.5	49.8	78.8	152.7	183.5
19	3.7	10.4	30.4	86.4	125.9
20	3.9	10	41.4	176	119.9
21	4	23.7	40.4	91.3	114.1
22	3.5	6.2	43.8	181.1	255.1
23	3.5	11.3	28.4	78.7	108.3
24	2.7	7.7	21.9	76.7	114.3
25	3.9	19.7	41.6	107.5	142.6
26	3.3	11.1	26.7	95.2	134.6
27	3.2	12.4	33	98.9	131
28	3.2	16.9	26.7	52.1	74.3
29	2.7	11.2	27.4	86.3	126.3

ครั้งที่	PM1	PM2.5	PM4	PM10	TSP
30	2.5	11.6	26.4	83.5	111.2
31	2.5	8.6	17.8	40.3	53.2
32	2.3	6.5	17.8	76.1	100.8
33	2.4	9.6	23	90.6	120.8
34	5.4	34.2	54.4	112.9	140
35	4.2	27.9	43.3	102.5	137
36	38.9	103.7	151.5	255.8	287.2
37	39.4	87	191.9	513.3	645.8
38	39.7	129.2	210.8	408.6	480.1
39	41.3	129.4	200.2	339.4	382.6
40	39.6	113.6	160.4	248.4	278.6
41	40.8	111.6	163.6	280.1	323.3
42	46.6	277.9	181.4	925.3	1033.2
43	43	111	168.2	296.9	337.1
44	43.2	111.3	171.7	306.3	343.3
45	25.2	96.8	172.7	344.7	402
46	24.1	70.3	141.4	269.8	305
47	18.7	44.3	101.3	203	221.5
48	20.3	56.8	59.5	169.6	196.8
49	16.7	64	98.1	164	1837
50	18.4	43.6	104.6	265.4	325.8
51	18.9	55.2	86.7	180.9	221.6
52	18.7	57.6	113.9	286.9	370.7
53	17.3	38.8	100.3	285.6	350.3
54	17.7	64.8	118.2	256.8	311.7
55	18.3	55	121.2	371.2	507.1
56	17.9	51.2	93.4	215.8	262.1
57	18.3	46.9	76.8	164.2	267
58	15.7	38.6	79.4	197.6	255
59	17.2	40.7	112.9	304.5	367.9

ครั้งที่	PM1	PM2.5	PM4	PM10	TSP
60	16.1	50.9	86.3	185.1	235
61	17.6	50.5	83.4	207.1	271.8
62	23.1	75.8	126.2	253.5	307.7
63	20	122.6	177.2	315.1	353.3
64	27	102.6	155.9	315.2	381.1
65	33.3	101.7	130	200.4	229.4
66	39	101.7	130	200.4	229.4
67	31.4	67.2	114.1	230.8	296.2
68	38.9	107	145.4	246	294.1
69	42	125.1	237.7	816.3	1104
70	43.2	98.7	134.3	219	259.7
71	42.8	95.4	142.7	301.9	383.3
72	44	110.8	145.3	229.2	271.7
73	44.5	117.6	170.4	327	405.3
74	47.9	120.9	165	284.4	339.9
75	41.6	105.5	135.8	221.8	257.5
76	40.1	94.9	153.7	282.6	339.9
77	42.7	109.3	149.1	258.9	297.1
78	47.2	109.3	149.1	258.9	297.1
79	42	105.6	126.3	179.5	206.6
80	47.3	117.1	173.3	324.3	401.9
81	43.9	99.6	139.8	265.2	316.9
82	42.7	92.5	136.8	257.4	296.8
83	42.4	136.5	166.1	251.5	283
84	52.9	137.6	169.1	242.2	249.2
85	45.3	117.7	142.7	231.7	279.8
86	45.5	172.4	214.5	303.6	333.2
87	43.5	198.2	239	364.9	405
88	32	67	94.1	174.7	195.1
89	34.2	104.3	148.5	297.9	360.8

ครั้งที่	PM1	PM2.5	PM4	PM10	TSP
90	32.8	77.3	102.5	190.7	232
91	24.4	52.9	73.9	126	154.3
92	28.4	58.2	122.5	310.9	399.6
93	22.2	48.8	78.3	166.4	212
94	25.6	60.9	86.5	174.6	207.9
95	22.6	50.3	71.9	145.2	173.6
96	26.6	108.3	137.2	261.7	329.5
97	22.1	40.1	79	286.1	400.7
98	22.1	38.5	82.2	304.9	447.2
99	18.7	42.3	59.9	125	158.9
100	30.8	69.6	114	177.1	360.5

ภาคผนวก ค

(ข้อมูลทางอุตุนิยมวิทยา ณ จุดเก็บตัวอย่าง)

ตารางที่ ค-1 ข้อมูลทางอุตุนิยมวิทยา แรงลมในทิศขนาน ณ จุดเก็บตัวอย่าง

ครั้งที่	**แรงลม (m/s^2)**
1	0.8
2	5.4
3	5.7
4	3.5
5	3.9
6	3.8
7	1.4
8	4.6
9	1.8
10	1.7
11	3.1
12	0.3
13	4.6
14	1.5
15	2.1
16	1.6
17	0.7
18	6
19	6.6
20	4.8
21	2.7
22	3.2
23	2.8
24	0.4
25	2.4
26	1.2
27	5.1
28	0.6
29	1.8

ครั้งที่	แรงลม (m/s^2)
30	1.4
31	1.9
32	1.7
33	2.1
34	2.7
35	0
36	2.6
37	1.3
38	1.7
39	3.4
40	1.1
41	1.1
42	4.3
43	1.9
44	1.5
45	4
46	5.5
47	5.5
48	2.2
49	3.5
50	2.9
51	1.2
52	2.1
53	3.9
54	4.2
55	2.2
56	5
57	2
58	2.3
59	3.5

ครั้งที่	แรงลม (m/s^2)
60	2
61	1.8
62	5
63	2.4
64	5.5
65	4.8
66	1.5
67	5.8
68	2.9
69	5.6
70	3.8
71	6.3
72	1.8
73	2.1
74	2.1
75	1.8
76	6.3
77	4.1
78	3.2
79	2.8
80	3
81	7.2
82	2.9
83	2.5
84	2.7
85	2
86	6.3
87	8
88	2.5
89	4.2

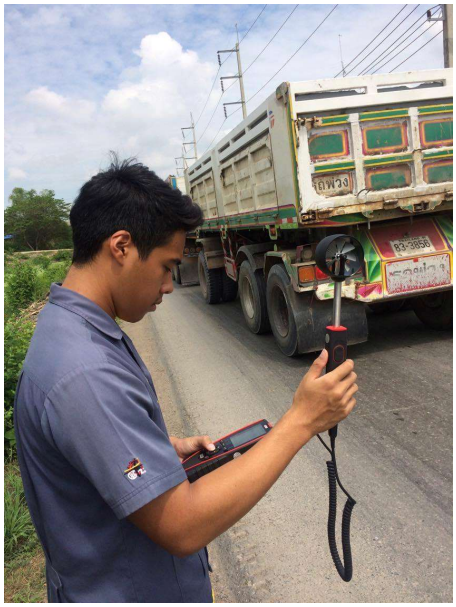
ครั้งที่	แรงลม (m/s^2)
90	2.8
91	3.8
92	4.9
93	4.3
94	3
95	2.7
96	7.2
97	2.2
98	3
99	1.5
100	8.8

ภาคผนวก ง

(อุปกรณ์และสถานที่ทำการศึกษา)

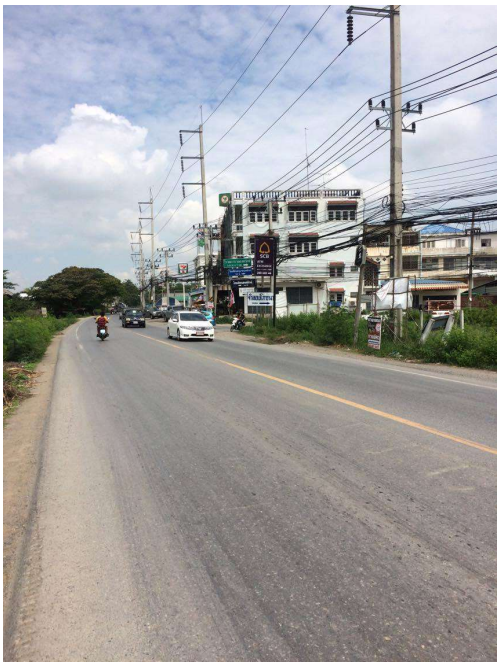
ง-1 รูปปฏิบัติการภาคสนาม

การเก็บปริมาณฝุ่นละอองแต่ละขนาด



การตรวจวัดแรงลม

ง-2 รูปพื้นที่บริเวณโดยรอบที่ปฏิบัติการ



ภาคผนวก จ

(ค่าวิกฤตของสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน Pearson Product Moment Correlation Coefficient)

ตารางที่ จ-1 ค่าวิกฤตของสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน (Pearson Product Moment Correlation Coefficient)

df = N-2	0.05	0.025	0.01	0.005	One-tail
	0.100	0.050	0.020	0.010	Two-tail
1	0.988	0.997	0.9995	0.9999	
2	0.900	0.950	0.980	0.990	
3	0.805	0.878	0.934	0.959	
4	0.729	0.811	0.882	0.917	
5	0.669	0.754	0.833	0.874	
6	0.622	0.707	0.789	0.834	
7	0.582	0.666	0.750	0.798	
8	0.549	0.632	0.716	0.765	
9	0.521	0.602	0.685	0.735	
10	0.497	0.576	0.658	0.708	
11	0.476	0.553	0.634	0.684	
12	0.458	0.532	0.612	0.661	
13	0.441	0.514	0.592	0.641	
14	0.426	0.497	0.574	0.623	
15	0.412	0.482	0.558	0.606	
16	0.400	0.468	0.542	0.590	
17	0.389	0.456	0.528	0.575	
18	0.378	0.444	0.516	0.561	
19	0.369	0.433	0.503	0.549	
20	0.360	0.423	0.492	0.537	
21	0.352	0.413	0.482	0.526	
22	0.344	0.404	0.472	0.515	
23	0.337	0.396	0.462	0.505	
24	0.330	0.388	0.453	0.496	
25	0.323	0.381	0.445	0.487	
26	0.317	0.374	0.437	0.479	
27	0.311	0.367	0.430	0.471	

df = N-2	0.05	0.025	0.01	0.005	One-tail
	0.100	0.050	0.020	0.010	Two-tail
28	0.306	0.361	0.423	0.463	
29	0.301	0.355	0.416	0.456	
30	0.296	0.349	0.409	0.449	
35	0.988	0.325	0.381	0.418	
40	0.257	0.304	0.358	0.393	
45	0.243	0.288	0.338	0.372	
50	0.231	0.273	0.322	0.354	
60	0.211	0.250	0.295	0.325	
70	0.195	0.232	0.274	0.303	
80	0.183	0.217	0.256	0.283	
90	0.173	0.205	0.242	0.267	
100	0.164	0.195	0.230	0.254	
125	0.147	0.174	0.206	0.228	
150	0.134	0.159	0.189	0.208	
200	0.116	0.138	0.164	0.181	
300	0.095	0.113	0.134	0.148	
400	0.082	0.098	0.116	0.128	
500	0.073	0.088	0.104	0.115	
1000	0.052	0.062	0.073	0.081	

(ที่มา: Guilford, J. P. and Fruchter, Benjamin. ***Fundamental Statistics in Psychology and Education***. Singapore : McGraw-Hill, 1978.)

ภาคผนวก ฉ

(T-distribution)

ตารางที่ ฉ-1 การแจกแจง T (T-Distribution)

df	0.1000	0.0500	0.0250	0.0200	0.0150	0.0100	0.0050	0.0025	0.0005
	0.2000	0.1000	0.0500	0.0400	0.0300	0.0200	0.0100	0.0050	0.0010
1	3.0777	6.3137	12.7062	15.8945	21.2051	31.8210	63.655	127.321	636.577
2	1.8856	2.9200	4.3027	4.8487	5.6428	6.9645	9.9250	14.0892	31.5998
3	1.6377	2.3534	3.1824	3.4819	3.8961	4.5407	5.8408	7.4532	12.9244
4	1.5332	2.1318	2.7765	2.9985	3.2976	3.7469	4.6041	5.5975	8.6101
5	1.4759	2.0150	2.5706	2.7565	3.0029	3.3649	4.6041	5.5975	8.6101
6	1.4398	1.9432	2.4469	2.6122	2.8289	3.1427	3.7074	4.3168	5.9587
7	1.4149	1.8946	2.3646	2.5168	2.7146	2.9979	3.4995	4.0294	5.4081
8	1.3968	1.8595	2.3060	2.4490	2.6338	2.8965	3.3554	3.8325	5.0414
9	1.3830	1.8331	2.2622	2.3984	2.5738	2.8214	3.2498	3.6896	4.7809
10	1.3722	1.8125	2.2281	2.3593	2.5275	2.7638	3.1693	3.5814	4.5868
11	1.3634	1.7959	2.2010	2.3281	2.4907	2.7181	3.1058	3.4966	4.4369
12	1.3562	1.7823	2.1788	2.3027	2.4607	2.6810	3.0545	3.4284	4.3178
13	1.3502	1.7709	2.1604	2.2816	2.4358	2.6503	3.0123	3.3725	4.2209
14	1.3450	1.7613	2.1448	2.2638	2.4149	2.6245	2.9768	3.3226	4.1403
15	1.3406	1.7531	2.1315	2.2485	2.3970	2.6025	2.9467	3.2860	4.0728
16	1.3368	1.7459	2.1199	2.2354	2.3815	2.5835	2.9208	3.2520	4.0149
17	1.3334	1.7396	2.1098	2.2238	2.3681	2.5669	2.8982	3.2224	3.9651
18	1.3304	1.7341	2.1009	2.2214	2.3562	2.5524	2.8784	3.1966	3.9217
19	1.3277	1.7291	2.0930	2.0470	2.3457	2.5395	2.8609	3.1737	3.8833
20	1.3253	1.7247	2.0860	2.1967	2.3362	2.5280	2.8453	3.1534	3.8496
21	1.3232	1.7207	2.0796	2.8940	2.3278	2.5176	2.8314	3.1352	3.8496
22	1.3212	1.7171	2.0739	2.1829	2.3202	2.5083	2.8188	3.1188	3.7922
23	1.3195	1.7139	2.0687	2.1770	2.3132	2.4999	2.8073	3.1040	3.7676
24	1.3178	1.7109	2.0639	2.1715	2.3069	2.4922	2.7970	3.0905	3.7454

df	0.1000	0.0500	0.0250	0.0200	0.0150	0.0100	0.0050	0.0025	0.0005
	0.2000	0.1000	0.0500	0.0400	0.0300	0.0200	0.0100	0.0050	0.0010
25	1.3163	1.7081	2.0595	2.1666	2.3011	2.4851	2.7874	3.0782	3.7251
26	1.3150	1.7056	2.0555	2.1620	2.2958	2.4789	2.7787	3.0669	3.7067
27	1.3137	1.7033	2.0518	2.1578	2.2909	2.4727	2.7707	3.0565	3.6895
28	1.3125	1.7011	2.0484	2.1539	2.2864	2.4671	2.7633	3.0470	3.6739
29	1.3114	1.6991	2.0452	2.1503	2.2822	2.4620	2.7564	3.0380	3.6595
30	1.3104	1.6973	2.0423	2.1470	2.2783	2.4573	2.7500	3.0298	3.6460
31	1.3095	1.6955	2.0395	2.1438	2.2746	2.4528	2.7440	3.0221	3.6335
32	1.3086	1.6939	2.0369	2.1409	2.2712	2.4484	2.7385	3.0149	3.6218
33	1.3077	1.6924	2.0345	2.1382	2.2680	2.4448	2.7333	3.0082	3.6109
34	1.3070	1.6909	2.0322	2.1356	2.2650	2.4411	2.7284	3.0020	3.6007
35	1.3062	1.6896	2.0301	2.1332	2.2622	2.4377	2.7238	2.9961	3.5911
36	1.3055	1.6883	2.0281	2.1309	2.2595	2.4345	2.7190	2.9950	3.5821
37	1.3049	1.6871	2.0262	2.1287	2.2570	2.4314	2.7154	2.9853	3.5737
38	1.3042	1.6860	2.0244	2.1267	2.2546	2.4286	2.7116	2.9803	3.5657
39	1.3036	1.6849	2.0227	2.1247	2.2524	2.4258	2.7079	2.9756	3.5581
40	1.3031	1.6839	2.0211	2.1229	2.2503	2.4233	2.7045	2.9712	3.5510
41	1.3025	1.6829	2.0195	2.1212	2.2483	2.4208	2.7012	2.9670	3.5443
42	1.3020	1.6820	2.0181	2.1195	2.2463	2.4185	2.6981	2.9630	3.5377
43	1.3016	1.6811	2.0167	2.1179	2.2445	2.4163	2.6951	2.9592	3.5316
44	1.3011	1.6802	2.0154	2.1164	2.2428	2.4141	2.6923	2.9555	3.5258
45	1.3007	1.6794	2.0141	2.1150	2.2411	2.4121	2.6896	2.9521	3.5203
46	1.3002	1.6787	2.0129	2.1136	2.2395	2.4102	2.6870	2.9488	3.5149
47	1.2998	1.6779	2.0117	2.1123	2.2380	2.4083	2.6846	2.9456	3.5099
48	1.2994	1.6772	2.0106	2.1111	2.2365	2.4066	2.6822	2.9426	3.5050
49	1.2991	1.6766	2.0096	2.1099	2.2351	2.4049	2.6800	2.9397	3.5005
50	1.2987	1.6759	2.0086	2.1087	2.2338	2.4033	2.6778	2.9370	3.4960

df	0.1000	0.0500	0.0250	0.0200	0.0150	0.0100	0.0050	0.0025	0.0005
	0.2000	0.1000	0.0500	0.0400	0.0300	0.0200	0.0100	0.0050	0.0010
51	1.2984	1.6753	2.0076	2.1076	2.2325	2.4017	2.6757	2.9343	3.4917
52	1.2980	1.6747	2.0066	2.1066	2.2313	2.4002	2.6737	2.9318	3.4877
53	1.2977	1.6741	2.0057	2.1055	2.2301	2.3988	2.6718	2.9293	3.4837
54	1.2974	1.6736	2.0049	2.1046	2.2289	2.3974	2.6700	2.9270	3.4799
55	1.2971	1.6730	2.0040	2.1036	2.2279	2.3961	2.6682	2.9247	3.4765
56	1.2969	1.6725	2.0032	2.1027	2.2268	2.3948	2.6665	2.9225	3.4730
57	1.2966	1.6720	2.0025	2.1018	2.2258	2.3936	2.6649	2.9204	3.4695
58	1.2963	1.6716	2.0017	2.1010	2.2248	2.3924	2.6633	2.9184	3.4663
59	1.2961	1.6711	2.0010	2.1002	2.2238	2.3912	2.6618	2.9164	3.6320
60	1.2958	1.6706	2.0003	2.0994	2.2229	2.3901	2.6603	2.9146	3.4602
61	1.2956	1.6702	1.9996	2.0986	2.2220	2.3890	2.6589	2.9127	3.4572
62	1.2954	1.6698	1.9990	2.0979	2.2212	2.3880	2.6575	2.9110	3.4545
63	1.2951	1.6694	1.9983	2.0971	2.2203	2.3870	2.6561	2.9093	3.4517
64	1.2949	1.6690	1.9977	2.0965	2.2195	2.3860	2.6549	2.9076	3.4491
65	1.2947	1.6686	1.9971	2.0958	2.2188	2.3851	2.6536	2.9060	3.4466
66	1.2945	1.6683	1.9966	2.0951	2.2180	2.3842	2.6524	2.9045	3.4441
67	1.2943	1.6679	1.9960	2.0945	2.2173	2.3833	2.6512	2.9030	3.4418
68	1.2941	1.6676	1.9955	2.0939	2.2166	2.3824	2.6501	2.9015	3.4395
69	1.2939	1.6672	1.9949	2.0933	2.2159	2.3816	2.6490	2.9001	3.4372
70	1.2938	1.6669	1.9944	2.0927	2.2152	2.3808	2.6479	2.8987	3.4350
71	1.2936	1.6666	1.9939	2.0922	2.2146	2.3800	2.6469	2.8974	3.4329
72	1.2934	1.6663	1.9935	2.0916	2.2139	2.3793	2.6458	2.8961	3.4308
73	1.2933	1.6660	1.9930	2.0911	2.2133	2.3785	2.6449	2.8948	3.4289
74	1.2931	1.6657	1.9925	2.0906	2.2127	2.3778	2.6439	2.8936	3.4270
75	1.2929	1.6654	1.9921	2.0901	2.2122	2.3771	2.6430	2.8924	3.4249
76	1.2928	1.6652	1.9917	2.0896	2.2116	2.3764	2.6421	2.8913	3.4232

df	0.1000	0.0500	0.0250	0.0200	0.0150	0.0100	0.0050	0.0025	0.0005
	0.2000	0.1000	0.0500	0.0400	0.0300	0.0200	0.0100	0.0050	0.0010
77	1.2926	1.6649	1.9913	2.0891	2.2110	2.3758	2.6412	2.8902	3.4214
78	1.2925	1.6646	1.9908	2.0887	2.2105	2.3751	2.6403	2.8891	3.4197
79	1.2924	1.6644	1.9905	2.0882	2.2100	2.3745	2.6395	2.8880	3.4180
80	1.2922	1.6641	1.9901	2.0878	2.2095	2.3739	2.6387	2.8870	3.4164
81	1.2921	1.6639	1.9897	2.0893	2.2090	2.3733	2.6379	2.8860	3.4148
82	1.2920	1.6636	1.9893	2.0869	2.2085	2.3727	2.6371	2.8850	3.4132
83	1.2918	1.6634	1.9890	2.0865	2.2080	2.3721	2.6364	2.8840	3.4116
84	1.2917	1.6632	1.9886	2.0861	2.2076	2.3716	2.6356	2.8831	3.4101
85	1.2916	1.6630	1.9883	2.0857	2.2071	2.3710	2.6349	2.8822	3.4086
86	1.2915	1.6628	1.9879	2.0854	2.2067	2.3705	2.6342	2.8813	3.4073
87	1.2914	1.6626	1.9876	2.0850	2.2063	2.3700	2.6635	2.8804	3.4059
88	1.2912	1.6624	1.9873	2.0846	2.2058	2.3695	2.6329	2.8795	3.4046
89	1.2911	1.6622	1.9870	2.0843	2.2054	2.3690	2.6322	2.8787	3.4033
90	1.2910	1.6620	1.9867	2.0839	2.2050	2.3685	2.6316	2.8779	3.4019
91	1.2909	1.6618	1.9864	2.0836	2.2047	2.3680	2.6309	2.8771	3.4006
92	1.2908	1.6616	1.9861	2.0833	2.2043	2.3676	2.6303	2.8763	3.3995
93	1.2907	1.6614	1.9858	2.0830	2.2039	2.3671	2.6297	2.8755	3.3982
94	1.2906	1.6612	1.9855	2.0826	2.2035	2.3667	2.6291	2.8748	3.3970
95	1.2905	1.6611	1.9852	2.0823	2.2032	2.3662	2.6286	2.8741	3.3958
96	1.2904	1.6609	1.9850	2.0820	2.2028	2.3658	2.6280	2.8733	3.3948
97	1.2903	1.6607	1.9847	2.0817	2.2025	2.3654	2.6275	2.8727	3.3937
98	1.2903	1.6606	1.9845	2.0814	2.2022	2.3650	2.6269	2.8720	3.3926
99	1.2902	1.6604	1.9842	2.0812	2.2018	2.3646	2.6264	2.8713	3.3915
100	1.2901	1.6602	1.9840	2.0809	2.2015	2.3642	2.6259	2.8707	3.3905
105	1.2897	1.6595	1.9828	2.0796	2.2000	2.3624	2.6235	2.8676	3.3856
110	1.2893	1.6588	1.9818	2.0784	2.1986	2.3607	2.6213	2.8648	3.3811

df	0.1000	0.0500	0.0250	0.0200	0.0150	0.0100	0.0050	0.0025	0.0005
	0.2000	0.1000	0.0500	0.0400	0.0300	0.0200	0.0100	0.0050	0.0010
115	1.2890	1.6582	1.9808	2.0773	2.1973	2.3592	2.6193	2.8622	3.3772
120	1.2886	1.6576	1.9799	2.0763	2.1962	2.3578	2.6174	2.8599	3.3734
125	1.2884	1.6571	1.9791	2.0754	2.1951	2.3566	2.6157	2.8577	3.3701
130	1.2881	1.6567	1.9784	2.0746	2.1942	2.3554	2.6142	2.8557	3.3670
140	1.2876	1.6558	1.9771	2.0731	2.1924	2.3533	2.6114	2.8522	3.3613
150	1.2872	1.6551	1.9759	2.0718	2.1909	2.3515	2.6090	2.8492	3.3565
160	1.2869	1.6544	1.9749	2.0706	2.1896	2.3499	2.6069	2.8465	3.3523
170	1.2866	1.6539	1.9740	2.0696	2.1885	2.3485	2.6051	2.8441	3.3487
180	1.2863	1.6534	1.9732	2.0687	2.1874	2.3472	2.6034	2.8421	3.3453
190	1.2860	1.6529	1.9725	2.0679	2.1865	2.3461	2.6020	2.8402	3.3424
200	1.2858	1.6525	1.9719	2.0672	2.1857	2.3451	2.6006	2.8385	3.3398
250	1.2849	1.6510	1.9695	2.0645	2.1826	2.3414	2.5956	2.8322	3.3299
300	1.2844	1.6499	1.9679	2.0627	2.1805	2.3388	2.5923	2.8279	3.3232
350	1.2840	1.6492	1.9668	2.0614	2.1790	2.3370	2.5899	2.8249	3.3186
400	1.2837	1.6487	1.9659	2.0605	2.1779	2.3357	2.5882	2.8227	3.3151
500	1.2832	1.6479	1.9647	2.0591	2.1763	2.3338	2.5857	2.8195	3.3101
600	1.2830	1.6474	1.9639	2.0585	2.1753	2.3326	2.5841	2.8175	3.3068
700	1.2828	1.6470	1.9634	2.0576	2.1745	2.3317	2.5829	2.8160	3.3044
800	1.2826	1.6468	1.9629	2.0571	2.1740	2.3310	2.5820	2.8148	3.3027
900	1.2825	1.6465	1.9626	2.0567	2.1735	2.3305	2.5813	2.8140	3.3014
1000	1.2824	1.6464	1.9623	2.0564	2.1732	2.3301	2.5807	2.8133	3.3002
1500	1.2821	1.6459	1.9615	2.0555	2.1722	2.3288	2.5791	2.8112	3.2970
2000	1.2820	1.6459	1.9612	2.0551	2.1716	2.3282	2.5783	2.8102	3.2954
3000	1.2818	1.6454	1.9608	2.0546	2.1711	2.3276	2.5775	2.8091	3.2938
4000	1.2818	1.6452	1.9606	2.0544	2.1709	2.3273	2.5771	2.8086	3.2930
5000	1.2817	1.6452	1.9604	2.0543	2.1707	2.3271	2.5768	2.8083	3.2925

df	0.1000	0.0500	0.0250	0.0200	0.0150	0.0100	0.0050	0.0025	0.0005
	0.2000	0.1000	0.0500	0.0400	0.0300	0.0200	0.0100	0.0050	0.0010
10000	1.2816	1.6450	1.9602	2.0540	2.1704	2.3267	2.5763	2.8076	3.2915
20000	1.2816	1.6449	1.9601	2.0539	2.1702	2.3265	2.5761	2.8074	3.2911
30000	1.2816	1.6449	1.9600	2.0538	2.1702	2.3265	2.5760	2.8072	3.2908
40000	1.2816	1.6449	1.9600	2.0538	2.1702	2.3264	2.5759	2.8072	3.2908
50000	1.2816	1.6449	1.9600	2.0538	2.1702	2.3264	2.5759	2.8071	3.2908
60000	1.2816	1.6449	1.9600	2.0538	2.1701	2.3264	2.5759	2.8071	3.2908
70000	1.2816	1.6449	1.9600	2.0538	2.1701	2.3264	2.5759	2.8071	3.2906
80000	1.2816	1.6449	1.9600	2.0538	2.1701	2.3264	2.5759	2.8071	3.2906
90000	1.2816	1.6449	1.9600	2.0538	2.1701	2.3264	2.5759	2.8071	3.2906
100000	1.2816	1.6449	1.9600	2.0538	2.1701	2.3264	2.5759	2.8071	3.2906

ประวัติย่อผู้จัดทำโครงงาน

ประวัติย่อผู้จัดทำโครงงาน

ชื่อชื่อสกุล	นายสมบัติ แสงธรรมวุฒิ
วันเดือนปีเกิด	4 พฤศจิกายน 2536
สถานที่เกิด	เขตบางเขน กรุงเทพฯ
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	489/13 ถนนพหลโยธิน แขวงสายไหม เขตสายไหม กรุงเทพฯ 10220
หมายเลขโทรศัพท์ติดต่อ	0802535317

ประวัติการศึกษา

พ.ศ. 2554	มัธยมศึกษาปีที่ 6 จากโรงเรียนสายปัญญารังสิต
พ.ศ. 2556	กำลังศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

ประวัติย่อผู้จัดทำโครงงาน

ชื่อชื่อสกุล	นายดุลยวัต ศรีสุโข
วันเดือนปีเกิด	20 มีนาคม 2538
สถานที่เกิด	เขตราชเทวี กรุงเทพฯ
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	59/616 ซอยนิมิตใหม่28
	ถนนนิมิตใหม่ แขวงสามาตะวันออก
	เขตคลองสามวา กรุงเทพฯ 10510
	หมายเลขโทรศัพท์ติดต่อ0967152929

ประวัติการศึกษา

พ.ศ. 2555	มัธยมศึกษาปีที่ 6 จากโรงเรียนนวมินทราชินูทิศ สตรีวิทยา๒
พ.ศ. 2556	กำลังศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาวิศวกรรมโยธา
	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

ประวัติย่อผู้จัดทำโครงงาน

ชื่อชื่อสกุล	นายภีมวัจน์ ทองปอน
วันเดือนปีเกิด	22 สิงหาคม 2538
สถานที่เกิด	เขตราชเทวี กรุงเทพฯ
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	71/260 ซอยพระยาสุเรนทร์35 ถนนพระยาสุเรนทร์ แขวงบางชัน เขตคลองสามวา กรุงเทพฯ 10510
หมายเลขโทรศัพท์ติดต่อ	0957730960

ประวัติการศึกษา

พ.ศ. 2554	มัธยมศึกษาปีที่ 6 จากโรงเรียนนวมินทราชินูทิศ เบญจมราชาลัย
พ.ศ. 2556	กำลังศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ