



ใบรับรองวิทยานิพนธ์
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม)

ปริญญา

วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม

วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม

สาขา

ภาควิชา

เรื่อง การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของมลสารทางอากาศกับสภาพอุตุนิยมวิทยา
ในพื้นที่เขตดินแดง และเขตลาดพร้าว

Analysis of the Relationship between Air Pollutants Concentration and Meteorological
Conditions in Khet Din Daeng and Lat Phrao Area

นามผู้วิจัย นางสาวกรรณิกา จันทะล่อม

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(รองศาสตราจารย์นิพนธ์ ตั้งคณาภิรักษ์, Ph.D.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ปัญญา แขน้ำแก้ว, ปร.ด.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

(รองศาสตราจารย์คณิตา ตั้งคณาภิรักษ์, วท.ม.)

หัวหน้าภาควิชา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์สุรัตน์ บัวเลิศ, Ph.D.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์กัญญา ชีระกุล, D.Agr.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ _____ เดือน _____ พ.ศ. _____

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของมลสารทางอากาศกับสภาพอุตุนิยมวิทยาในพื้นที่
เขตดินแดง และเขตลาดพร้าว

Analysis of the Relationship between Air Pollutants Concentration and Meteorological
Conditions in Khet Din Daeng and Lat Phrao Area

โดย

นางสาวกรรณิกา จันทะล่อม

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม)

พ.ศ. 2558

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

กรณีศึกษา จันทะลุ่ม 2558: การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของมลสารทางอากาศกับสภาพอุตุนิยมวิทยาในพื้นที่เขตดินแดง และเขตลาดพร้าว วิทยาลัยวิทยาศาสตร์มหบัณฑิต (วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม) สาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: รองศาสตราจารย์นิพนธ์ ตั้งคณาภิรักษ์, วท.ม. 95 หน้า

การเพิ่มขึ้นของมลพิษทางอากาศในกรุงเทพมหานคร เป็นผลมาจากการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ของเชื้อเพลิงที่ใช้ในยานพาหนะ และปัญหาการจราจรติดขัด มลพิษทางอากาศที่ส่งผลกระทบต่อสุขภาพอย่างมาก ได้แก่ ฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอน (PM₁₀) คาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) โอโซน (O₃) ไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO₂) และซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO₂) ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงทำการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของความเข้มข้นของมลพิษทางอากาศในพื้นที่ตัวอย่าง 2 พื้นที่ คือ เขตดินแดงและเขตลาดพร้าวในช่วงปี ค.ศ. 2010 – 2013 โดยใช้ข้อมูลจากสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศในเขตดังกล่าว ปัจจัยที่ศึกษา ได้แก่ ฤดูกาล (ฤดูร้อนและฤดูฝน) และลักษณะทางอุตุนิยมวิทยา (เช่น ความเร็วลม อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ความกดอากาศ และปริมาณฝน) ผลการศึกษาพบว่าความเข้มข้นโดยเฉลี่ยของ PM₁₀, CO, O₃, NO₂ และ SO₂ ในเขตดินแดง เท่ากับ 58.33 µg/m³, 1.22 ppm, 7.32 ppb, 31.01 ppb and 1.96ppb ตามลำดับ และในเขตลาดพร้าว เท่ากับ 26.13 µg/m³, 0.91 ppm, 14.47 ppb, 26.28 ppb and 2.66 ppb ตามลำดับ ในช่วงปีที่ทำการศึกษาคความเข้มข้นของมลพิษทางอากาศทุกชนิดในฤดูฝนมีค่าต่ำกว่าในฤดูร้อน เนื่องจากฝนที่ตก และการเจือจางของน้ำฝน ในฤดูร้อน ความเข้มข้นของ PM₁₀ และ NO₂ เท่ากับ 58.33 µg/m³ และ 31.01 ppb ตามลำดับ ซึ่งเกินค่ามาตรฐานคุณภาพอากาศ ซึ่งกำหนดไว้ที่ 50 µg/m³ และ 30 ppb ตามลำดับ จากการศึกษาสหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน พบว่าปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยามีผลกับมลพิษทางอากาศทุกชนิดที่ศึกษา โดยมีผลกับความเข้มข้นของ NO₂ มากที่สุด เนื่องจาก NO₂ เป็นสารที่ก่อให้เกิดแก๊สโอโซน

ลายมือชื่อนิสิต

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

Kannika Chuntalam 2015: Analysis of the Relationship between Air Pollutants Concentration and Meteorological Conditions in Khet Din Daeng and Lat Phrao Area. Master of Science (Environmental Science), Major Field: Environmental Science, Department of Environmental Science. Thesis Advisor: Associate Professor Nipon Tungkananuruk, Ph.D. 95 pages.

Ambient air pollution in Bangkok is increasing a consequence of the inefficient combustion of fuels for transport and traffic jam problem. Air pollutants of major public health concern include particulate matter (PM₁₀), carbonmonoxide (CO), ozone (O₃), nitrogen dioxide (NO₂) and sulfurdioxide (SO₂). Therefore this research was to investigate the variation of the concentration of the pollutants in two sample areas such as Khet Din Daeng and Lat Phrao in year 2010-2013 from air quality monitoring station at these two areas. In addition, the factor affectings were season (summer and rainy season) and meteorology condition (such as wind speed, temperature, relhum, pressure and rain). The results revealed that the average concentration pollutants of PM₁₀, CO, O₃, NO₂ and SO₂ were 58.33 µg/m³, 1.22 ppm, 7.32 ppb, 31.01 ppb and 1.96 ppb respectively in Khet Din Daeng and 26.13 µg/m³, 0.94 ppb, 14.47 ppb, 26.28 ppb and 2.66 ppb respectively in Khet Lat Phrao. In the studied years the concentration of all pollutants in rainy season were lower than in summer because of the occurring of precipitation and dilution process in rainy season. In summer season, the concentration of PM₁₀ and NO₂ were 58.33 µg/m³ and 31.01 ppb respectively which exceeded the acceptable value of air quality standard at 50 µg/m³ and 30 ppb respectively. From Pearson's correlation studying indicated that the meteorological factors had affect to all pollutants but gave highest influence to the amount of NO₂ because of NO₂ was the precursor to occur ozone gas.

Student's signature

Thesis Advisor's signature

____ / ____ / ____

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความช่วยเหลือของบุคคลต่างๆ หลายท่านผู้วิจัย
จึงขอขอบพระคุณต่อผู้ที่ให้ความอนุเคราะห์ดังต่อไปนี้

ขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.นิพนธ์ ตั้งคณาภิรักษ์ ประธานกรรมการ
ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ได้ช่วยเหลือในการวางแผนงานวิจัยในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ตลอดจนการให้
ความรู้ คำปรึกษา พร้อมทั้งคำแนะนำต่างๆ และขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์
ดร. ปัญญา เขื่อนแก้ว รองศาสตราจารย์คณิตา ตั้งคณาภิรักษ์ กรรมการร่วมที่กรุณาให้คำปรึกษา
แนะนำ และตรวจแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ให้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอกราบขอบพระคุณคณาจารย์ ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะสิ่งแวดล้อม
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ทุกท่านที่ได้สั่งสอน ให้ความรู้ และคำแนะนำ ตลอดจนจนประสบการณ์
ในการทำงานต่างๆ แก่ผู้วิจัย เพื่อนำความรู้ไปใช้ประโยชน์ต่อไปในอนาคต

ขอขอบพระคุณกรมควบคุมมลพิษ ที่ได้อนุเคราะห์ข้อมูลคุณภาพอากาศ และข้อมูลทาง
อุตุนิยมวิทยาเพื่อใช้ประกอบการทำวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้

ขอขอบคุณ เพื่อนๆ นิสิตปริญญาโท ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม รุ่น 35 ที่ให้ความ
ช่วยเหลือทั้งกำลังกายและกำลังใจตลอดมา

ด้วยความดีหรือประโยชน์อันใดเนื่องจากวิทยานิพนธ์เล่มนี้ ขอมอบแต่ครอบครัวของ
ข้าพเจ้าโดยเฉพาะ แม่ และป้า ที่คอยเป็นแรงผลักดัน ให้กำลังใจในการศึกษาเล่าเรียน รวมทั้งให้
ความเมตตา อบรม สั่งสอน และสนับสนุนทุนการศึกษา ตลอดจนทุกท่านที่มีส่วนเกี่ยวข้องในการ
ทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

กรรณิกา จันทะล่อม

ธันวาคม 2557

สารบัญ

หน้า

สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(5)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	3
การตรวจเอกสาร	4
อุปกรณ์และวิธีการ	40
อุปกรณ์	41
วิธีการ	45
ผลและวิจารณ์	51
สรุปและข้อเสนอแนะ	80
สรุป	80
ข้อเสนอแนะ	81
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	82
ภาคผนวก	85
ประวัติการศึกษาและการทำงาน	95

สารบัญตาราง

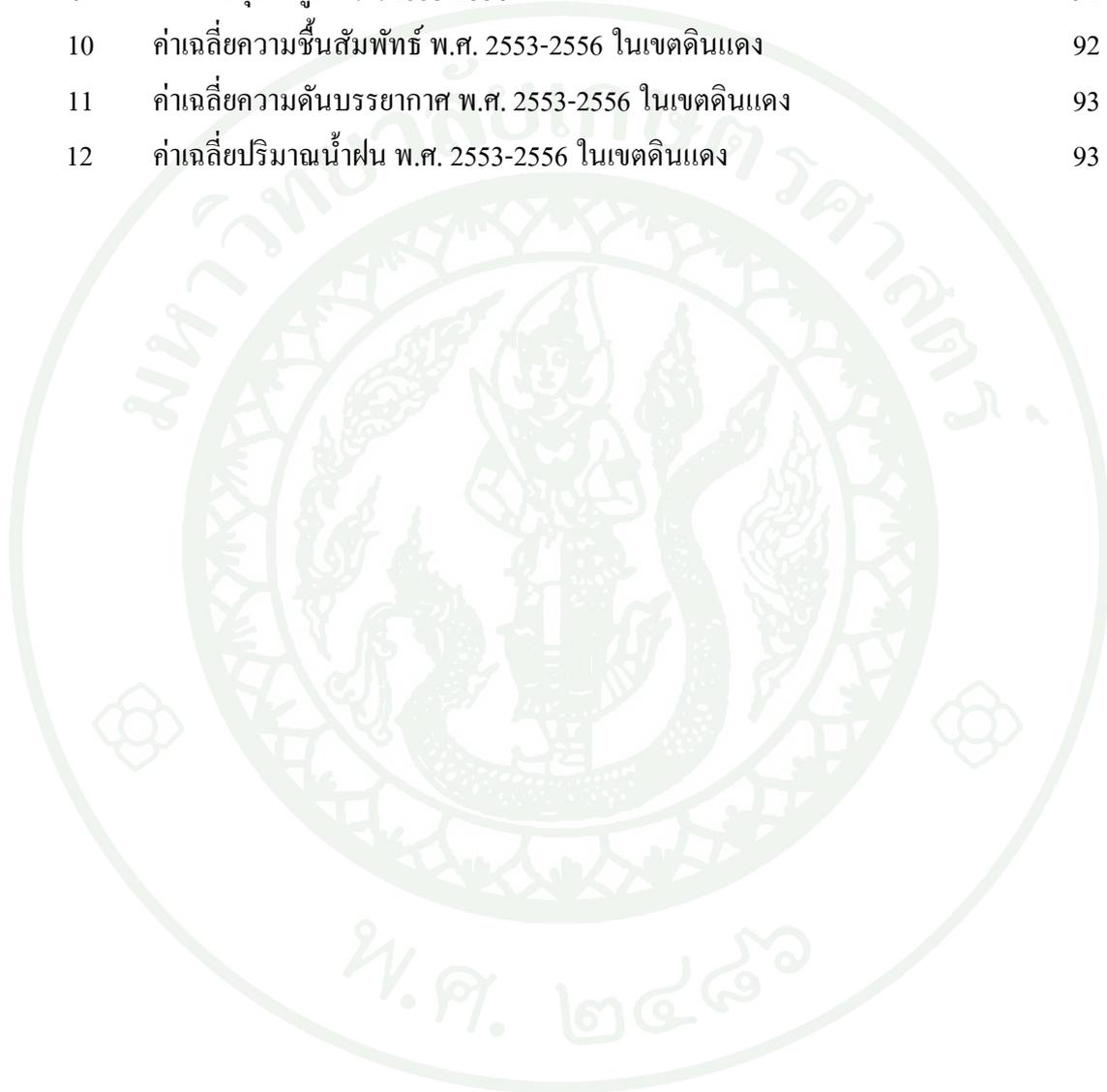
ตารางที่		หน้า
1	ความสัมพันธ์ระหว่างคาร์บอนไดออกไซด์ โมโนออกไซด์ และผลที่เกิดขึ้นต่อมนุษย์	10
2	ออกไซด์ของไนโตรเจนและสมบัติทางกายภาพ	11
3	ตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อกลไกการตกค้างฝุ่นละอองในส่วนต่างๆของระบบหายใจ	19
4	เปรียบเทียบความเร็วลม	23
5	สถิติความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยของประเทศในช่วงฤดูกาลต่างๆ	27
6	ยอดขายของห้างสรรพสินค้า	33
7	การกำหนดตัวแปรเพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เชิงเส้นตรงด้วยวิธีของเพียร์สัน	34
8	ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ระหว่างปัจจัยต่างๆ กับยอดขายสินค้า	35
9	แผนการวิจัย	50
10	ความเข้มข้นเฉลี่ยรายเดือนของมลสารทางอากาศ พ.ศ. 2553-2555 ของสถานีตรวจวัดอากาศลาดพร้าว	53
11	ความเข้มข้นเฉลี่ยรายเดือนของมลสารทางอากาศ พ.ศ. 2553-2555 ของสถานีตรวจวัดอากาศดินแดง	56
12	เปรียบเทียบความเข้มข้น แก๊ส NO ₂ ในเขตดินแดง และเขตลาดพร้าว	59
13	เปรียบเทียบความเข้มข้น แก๊ส CO ในเขตดินแดง และเขตลาดพร้าว	60
14	เปรียบเทียบความเข้มข้น PM ₁₀ ในเขตดินแดง และเขตลาดพร้าว	62
15	เปรียบเทียบความเข้มข้น แก๊ส SO ₂ ในเขตดินแดง และเขตลาดพร้าว	63
16	เปรียบเทียบความเข้มข้น แก๊ส O ₃ ในเขตดินแดง และเขตลาดพร้าว	64
17	ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างมลสารทางอากาศกับปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยา ในเขตลาดพร้าวปี พ.ศ. 2553 จากวิธีการหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน	71
18	ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างมลสารทางอากาศกับปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยา ในเขตลาดพร้าวปี พ.ศ. 2554 จากวิธีการหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน	71

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
19	ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างมลสารทางอากาศกับปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยา ในเขตลาดพร้าวปี พ.ศ. 2555 จากวิธีการหาสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน	72
20	ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างมลสารทางอากาศกับปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยา ในเขตลาดพร้าวปี พ.ศ. 2556 จากวิธีการหาสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน	72
21	ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างมลสารทางอากาศกับปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยา ในเขตดินแดงปี พ.ศ. 2553 จากวิธีการหาสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์	73
22	ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างมลสารทางอากาศกับปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยา ในเขตดินแดงปี พ.ศ. 2554 จากวิธีการหาสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน	73
23	ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างมลสารทางอากาศกับปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยา ในเขตดินแดงปี พ.ศ. 2555 จากวิธีการหาสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน	74
24	ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างมลสารทางอากาศกับปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยา ในเขตดินแดงปี พ.ศ. 2556 จากวิธีการหาสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน	74
25	ปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยาที่มีผลต่อความเข้มข้นมลสารทางอากาศเขตลาดพร้าวใน ปี พ.ศ. 2553-2556	75
26	ปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยาที่มีผลต่อความเข้มข้นมลสารทางอากาศเขตดินแดงในปี พ.ศ. 2553-2556	76
ตารางผนวกที่		
1	ค่าเฉลี่ยความเร็วลม พ.ศ. 2553-2556 ในเขตลาดพร้าว	86
2	ค่าเฉลี่ยทิศทางลม พ.ศ. 2553-2556 ในเขตลาดพร้าว	86
3	ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิ พ.ศ. 2553-2556 ในเขตลาดพร้าว	87
4	ค่าเฉลี่ยความชื้นสัมพัทธ์ พ.ศ. 2553-2556 ในเขตลาดพร้าว	88
5	ค่าเฉลี่ยความกดอากาศ พ.ศ. 2553-2556 ในเขตลาดพร้าว	89
6	ค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำฝน พ.ศ. 2553-2556 ในเขตลาดพร้าว	89
7	ค่าเฉลี่ยความเร็วลม พ.ศ. 2553-2556 ในเขตดินแดง	90
8	ค่าเฉลี่ยทิศทางลม พ.ศ. 2553-2556 ในเขตดินแดง	91

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่	หน้า
9	ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิ พ.ศ. 2553-2556 ในเขตดินแดง 91
10	ค่าเฉลี่ยความชื้นสัมพัทธ์ พ.ศ. 2553-2556 ในเขตดินแดง 92
11	ค่าเฉลี่ยความดันบรรยากาศ พ.ศ. 2553-2556 ในเขตดินแดง 93
12	ค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำฝน พ.ศ. 2553-2556 ในเขตดินแดง 93



สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	ระบบภาวะมลพิษอากาศ	5
2	สภาพบรรยากาศและความสัมพันธ์ระหว่างอนุภาคและความสูง	25
3	ตำแหน่งร่องความกดอากาศต่ำ ทิศทางมรสุมและทางเดินพายุหมุนเขตร้อนที่เคลื่อนผ่าน ประเทศไทย	31
4	อุปกรณ์ตรวจวัดทางอุตุนิยมวิทยา	41
5	อุปกรณ์ตรวจวัดความเร็วลม ทิศทางลม	41
6	อุปกรณ์ตรวจวัดอนุภาค	42
7	อุปกรณ์ตรวจวัดปริมาณน้ำฝน	42
8	เครื่องตรวจวัดมลสารทางอากาศ	43
9	ภายในสถานีตรวจวัด	44
10	อุปกรณ์ TEOM ตรวจวัด PM ₁₀	44
11	ต้นไม้ใหญ่ปกคลุมบริเวณสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศในเขตลาดพร้าว	47
12	อาคารแฟลตตำรวจตั้งอยู่ด้านหลังสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศในเขตลาดพร้าว	48
13	คอนโดขนาดใหญ่หลังอาคารแฟลตตำรวจ. ในเขตลาดพร้าว	48
14	ต้นไม้ใหญ่ปกคลุม และขนานอยู่ทั้ง 2 ข้างของสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศ	49
15	บริเวณที่ตั้งสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศดินแดง	49
16	แนวโน้มความเข้มข้นของมลสารทางอากาศในปี พ.ศ. 2553-2556 จากสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศเขตลาดพร้าว	55
17	แนวโน้มความเข้มข้นของมลสารทางอากาศในปี พ.ศ. 2553-2556 จากสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศเขตดินแดง	55
18	การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของแก๊สไนโตรเจนไดออกไซด์ โดยเฉลี่ยรายปี	60
19	การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์โดยเฉลี่ยรายปี	61
20	การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของฝุ่นละอองเล็กกว่า 10 ไมครอน โดยเฉลี่ยรายปี	62

สารบัญญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
21	การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ โดยเฉลี่ยรายปี	64
22	การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของแก๊สโอโซน โดยเฉลี่ยรายปี	65
23	ความผันแปรของปริมาณมลสารทางอากาศรายเดือนในปี พ.ศ. 2553 ของเขต ลาดพร้าว	66
24	ความผันแปรของปริมาณมลสารทางอากาศรายเดือนในปี พ.ศ. 2553 ของเขต ดินแดง	67
25	ความผันแปรของปริมาณมลสารทางอากาศรายเดือนในปี พ.ศ. 2554 ของเขต ลาดพร้าว	67
26	ความผันแปรของปริมาณมลสารทางอากาศรายเดือนในปี พ.ศ. 2554 ของเขต ดินแดง	68
27	ความผันแปรของปริมาณมลสารทางอากาศรายเดือนในปี พ.ศ. 2555 ของเขต ลาดพร้าว	68
28	ความผันแปรของปริมาณมลสารทางอากาศรายเดือนในปี พ.ศ. 2555 ของเขต ดินแดง	69
29	ความผันแปรของปริมาณมลสารทางอากาศรายเดือนในปี พ.ศ. 2556 ของเขต ลาดพร้าว	69
30	ความผันแปรของปริมาณมลสารทางอากาศรายเดือนในปี พ.ศ. 2556 ของเขต ดินแดง	70

การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของมลสารทางอากาศกับสภาพ อุตุนิยมวิทยาในพื้นที่เขตดินแดง และเขตลาดพร้าว

Analysis of the Relationship between Air Pollutants Concentration and Meteorological Conditions in Khet Din Daeng and Lat Phrao Area

คำนำ

ปัญหามลสารทางอากาศ เป็นปัญหาหลักที่สำคัญในเขตกรุงเทพมหานคร ซึ่งเป็นศูนย์กลางทางเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศ และยังเป็นศูนย์กลางความเจริญในทุกๆ ด้าน เช่น ด้านสังคม การศึกษา มีการพัฒนาทางวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี การเงิน การธนาคาร เป็นศูนย์กลางการ ส่วนกลาง และการบันเทิง จากความเจริญดังกล่าว ทำให้ประชาชนอพยพเข้ามาอาศัย และประกอบกิจกรรมมากมายจึงทำให้มีประชากรอาศัยอยู่จำนวนมาก จนเกิดความแออัดคับคั่ง ส่งผลให้เกิดปัญหาการจราจรจนเป็นปัญหาหลักในกรุงเทพมหานคร ก่อให้เกิดภาวะมลสารทางอากาศที่ความรุนแรงเพิ่มสูงขึ้นตามมาเช่นกัน มลสารทางอากาศที่เกิดจากการเผาไหม้จากเชื้อเพลิงที่ใช้เป็นพลังงานในการขับเคลื่อนของเครื่องยนต์ เช่น แก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO₂) ออกไซด์ของไนโตรเจน (NO_x) นอกจากนี้ยังมีโอโซน (O₃) ที่เกิดขึ้นจาก NO₂ ทำปฏิกิริยากับออกซิเจน (O₂) โดยมีแสงเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา และฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน (PM₁₀) ที่เกิดจากการจราจร ซึ่งมลสารทางอากาศเหล่านี้ล้วนก่อให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพอนามัยของมนุษย์ รวมถึงเป็นปัญหาต่อสิ่งแวดล้อมตามมา

พื้นที่ในเขตดินแดงและเขตลาดพร้าวเป็นพื้นที่ในกรุงเทพมหานครที่มีการจราจรหนาแน่น เนื่องจากความเจริญในทุกๆ ด้านทำให้เกิดการจราจรติดขัด และเกิดการขยายตัวเมืองไปในแนวตั้ง เกิดอาคารสูงๆ ขึ้นมากมายซึ่งเป็นเหตุให้บดบังทิศทางการไหลเวียนของลม จึงเกิดการสะสมมลสารทางอากาศขึ้นในบริเวณดังกล่าว จนกลายเป็นปัญหามลสารทางอากาศในที่สุด

ดังนั้นผู้วิจัยมีวัตถุประสงค์ทำการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณหรือความเข้มข้นของมลสารทางอากาศ ได้แก่ SO₂, NO₂, CO, O₃ และ PM₁₀ กับข้อมูลทางอุตุนิยมวิทยา ได้แก่ ความเร็วลม อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ความดันบรรยากาศ และปริมาณน้ำฝน ในเขตพื้นที่ดินแดงและลาดพร้าว โดยทำการศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณมลสารทางอากาศในระหว่าง เดือน และในรอบปี โดยแบ่งตามฤดูกาล คือ ช่วงฤดูฝนกับช่วงฤดูแล้ง ซึ่งข้อมูลที่ได้จะทำให้ทราบถึงมลภาวะ

ทางอากาศในเขตพื้นที่ทั้งสอง เพื่อนำมาใช้ในการติดตามตรวจสอบและการเฝ้าระวังระดับมลสารที่เกิดขึ้นในเขตดินแดงและเขตลาดพร้าวได้



วัตถุประสงค์

1. เพื่อตรวจวัดและวิเคราะห์ปริมาณของมลสารที่เกิดขึ้นในเขตดินแดง และเขตลาดพร้าว และความสัมพัทธ์กับข้อมูลทางอุตุนิยมวิทยา
2. ทราบถึงความเข้มข้นมลสารทางอากาศเพื่อการติดตามตรวจสอบและเพื่อการเฝ้าระวังระดับมลสารที่เกิดขึ้น

ขอบเขตงานวิจัย

ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลมลสารที่เกิดขึ้นในเขตกรุงเทพมหานครโดยทำการเก็บตัวอย่างต่อเนื่อง 24 ชั่วโมง แล้วยนำมาเปรียบเทียบค่าที่ตรวจวัดได้ในระหว่างปี พ.ศ. 2553- ถึง พ.ศ. 2556 โดยเลือกสถานีตรวจวัด 2 สถานี คือ

1. สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศบริเวณสถานีตำรวจนครบาลโชคชัย เขตลาดพร้าว
2. สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศบริเวณการเคหะชุมชนดินแดง เขตดินแดง

การตรวจเอกสาร

1. มลพิษทางอากาศ

1.1 ที่มาและความหมาย

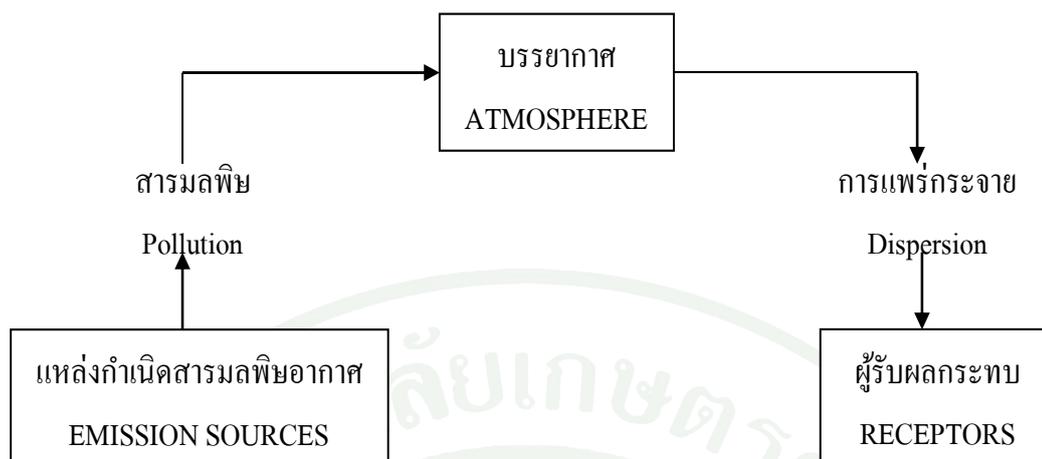
นิพนธ์ และ คณิตา (2552) มลพิษทางอากาศ หมายถึง ภาวะของอากาศที่มีสารเจือปนอยู่ในปริมาณที่มากพอ และเป็นระยะเวลาานานพอที่จะทำให้เกิดผลเสียต่อสุขภาพอนามัยของมนุษย์ สัตว์ พืช และวัสดุต่างๆ เช่น อาคารบ้านเรือน โบราณสถาน โบราณวัตถุ ภาชนะเครื่องใช้ เครื่องจักรกลที่เป็นโลหะ ยานพาหนะต่างๆ ให้เกิดการกัดกร่อน ผุพัง ทрудโทรม จนอาจใช้การไม่ได้ อาจเกิดขึ้นเองโดยธรรมชาติหรือเกิดจากการกระทำของมนุษย์ สารดังกล่าวอาจอยู่ในรูปแก๊ส หยดของเหลว หรืออนุภาคของแข็ง สารมลพิษทางอากาศที่สำคัญ ได้แก่ ฝุ่นละออง แก๊สคาร์บอนมอนนอกไซด์ แก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ แก๊สออกไซด์ของไนโตรเจน แก๊สโอโซน สารอินทรีย์ระเหยง่าย และตะกั่ว

ปัญหามลพิษทางอากาศเป็นปัญหาสิ่งแวดล้อมที่เห็นได้ชัดเจนในชุมชนขนาดใหญ่ และพื้นที่ที่มีการขยายตัวอย่างรวดเร็วของกิจกรรมอุตสาหกรรม การคมนาคมขนส่ง การจราจร และกิจกรรมอื่นๆ เช่น ก่อสร้าง โดยเป็นปัญหาที่พบเห็นได้ทั่วไปทั้งในเขตกรุงเทพมหานคร ปริมณฑล และเมืองขนาดใหญ่ต่างๆ เช่น เชียงใหม่ ขอนแก่น สมุทรปราการ ชลบุรี ระยอง และสระบุรี

โยธิน (2542) นอกจากนี้ปัญหามลพิษทางอากาศที่เกิดขึ้นทั้งในระดับจังหวัดและท้องถิ่น ส่วนใหญ่เป็นปัญหาที่เกิดขึ้นเฉพาะในบางจุดที่เป็นชุมชนหนาแน่นบริเวณริมถนน และบริเวณใกล้เคียงกับสถานประกอบการ หรือโรงงานอุตสาหกรรม ซึ่งได้สร้างความเดือดร้อนรำคาญแก่ประชาชน รวมทั้งอาจก่อให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพอนามัยของประชาชนในระยะยาวได้

1.2 ระบบภาวะมลพิษอากาศ

ระบบภาวะมลพิษอากาศ (Air Pollution Systems) มีส่วนประกอบ 3 ส่วนที่มีความสัมพันธ์กัน คือแหล่งกำเนิดสารมลพิษ (emission sources) อากาศหรือบรรยากาศ (Atmosphere) และผู้รับผลเสียหรือผลกระทบ (receptor) แสดงแผนภูมิความสัมพันธ์ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 ระบบภาวะมลพิษอากาศ

1.3 แหล่งกำเนิดสารมลพิษทางอากาศ

สามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ คือ

1.3.1 แหล่งกำเนิดตามธรรมชาติ

เป็นแหล่งกำเนิดที่ก่อให้เกิดและระบายสารมลพิษออกสู่อากาศ โดยเป็นไปตามกระบวนการทางธรรมชาติ ไม่มีการกระทำของมนุษย์เข้าไปเกี่ยวข้องแต่อย่างใด แหล่งกำเนิดมลพิษทางอากาศประเภทนี้แบ่งออกได้เป็น

1) ภูเขาไฟ เมื่อเกิดการระเบิดของภูเขาไฟจะมีเถ้าและควันเป็นจำนวนมากถูกปล่องออกสู่อากาศ อนุภาคเหล่านี้อาจลอยสูงขึ้นไปถึง 70,000 ฟุต และคงอยู่ในอากาศได้นานนับปีกว่าจะตกกลับคืนมาสู่พื้นโลก

2) ไฟป่าเป็นตัวการที่เพิ่มปริมาณมลพิษให้กับอากาศ ถึงแม้ควันจากไฟป่าจะไม่สามารถทำให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพได้ก็ตามแต่ก็อาจทำให้ทัศนวิสัยลดลงอันเป็นสาเหตุของอุบัติเหตุทางรถยนต์ หรือเครื่องบินได้

3) อนุภาคสารจากดิน ลมแรงๆ และพายุสามารถพัดพาอนุภาคสารจากผิวดินให้ขึ้นไปบนบรรยากาศได้ซึ่งเรียกว่าการกระดอน (saltation) อนุภาคที่มีขนาดเล็กจะสามารถแขวนลอยอยู่ในบรรยากาศได้นานกว่าพวกที่มีขนาดใหญ่ แต่อนุภาคเหล่านี้จะตกลงมาสู่ผิวดินเมื่อน้ำหนักของมันมากขึ้น เนื่องจากอนุภาคดูดความชื้นเข้าไปและรวมกับอนุภาคอื่นๆ ที่แขวนลอยอยู่ด้วย

4) ละอองเธรตจากพืช เกิดจากวัชพืช ต้นไม้ และหญ้าเป็นอนุภาคขนาดเล็กมีน้ำหนักเบา สามารถลอยอยู่และฟุ้งกระจายไปได้ไกลในอากาศ ละอองเธรตเหล่านี้อาจทำให้เกิดโรคมูมิแพ้ได้

5) จุลินทรีย์ เช่น แบคทีเรีย ไวรัส เชื้อรา และสปอร์ พบได้เสมอในอากาศสิ่งมีชีวิตนี้จะล่องลอยอยู่ด้วยตัวเอง หรือติดอยู่กับอนุภาคอื่นๆ เช่น ฝุ่นละอองในอากาศ

6) ผลการเนาเปื้อนของสารอินทรีย์อินทรีย์วัตถุต่างๆ ที่ทับถมกันอยู่จะสลายโดยจุลินทรีย์ในดิน การย่อยสลายทำให้เกิดแก๊สต่างๆ เช่น แอมโมเนีย ไฮโดรเจนซัลไฟด์ ซึ่งมีกลิ่นเหม็นและรบกวนกับบริเวณใกล้เคียง

1.3.2 น้ำแหล่งกำเนิดมลพิษทางอากาศที่เกิดจากการกระทำของมนุษย์

เป็นแหล่งกำเนิดที่มีกิจกรรมของมนุษย์หรือมนุษย์เป็นผู้กระทำ ซึ่งเป็นตัวการที่ทำให้เกิดและระบายสารมลพิษทางอากาศออกสู่อากาศ ซึ่งการปลดปล่อยมลสารสู่บรรยากาศที่เกิดจากการกระทำของมนุษย์นั้นมีเพียงไม่กี่เปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบกับแหล่งกำเนิดมลสารจากธรรมชาติ แต่อย่างไรก็ตามมลสารจากการกระทำของมนุษย์ก็เป็นอันตรายต่อสิ่งแวดล้อมแหล่งกำเนิดสารมลพิษทางอากาศที่เกิดจากการกระทำของมนุษย์ สามารถแบ่งได้เป็น 2 ประเภท คือ

1) แหล่งกำเนิดที่เคลื่อนที่ได้ (mobile sources) ได้แก่รถยนต์ประเภทต่างๆ เรือยนต์ เครื่องบิน รถไฟ ยานพาหนะเป็นแหล่งกำเนิดของมลพิษทางอากาศที่สำคัญโดยเฉพาะอย่างยิ่งยานพาหนะรถยนต์ ซึ่งมีปริมาณเพิ่มมากขึ้นตามเมืองใหญ่ๆ จุดที่รถยนต์จะปลดปล่อยมลสารออกสู่บรรยากาศมีอยู่ 6 จุด คือ ท่อไอเสีย เบรก คาร์บูเรเตอร์ ยาง ฉนวนน้ำมัน และท่อหายใจที่อ่างข้อเหวี่ยงที่ได้ห้องเครื่อง มลพิษทางอากาศจากแหล่งกำเนิดเคลื่อนที่ได้ ได้แก่ แก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์

ออกไซด์ของไนโตรเจน สารประกอบไฮโดรคาร์บอน ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ รวมทั้งฝุ่นละอองขนาดเล็กและสารตะกั่ว

2) แหล่งกำเนิดที่อยู่กับที่ (stationary sources) หมายถึงแหล่งกำเนิดที่ไม่สามารถเคลื่อนที่ได้ เช่น โรงงานอุตสาหกรรม ซึ่งสารมลพิษทางอากาศเกิดจากการใช้เชื้อเพลิง และเกิดจากกระบวนการผลิตต่างๆ ดังนี้

2.1) กระบวนการเผาไหม้ของหม้อไอน้ำ เตาเผาซึ่งมีวัตถุประสงค์ในการก่อให้เกิดพลังงานความร้อน เช่น เตาเผาเพิ่มความร้อน เตาเผากำจัดของเสีย นอกจากจะทำให้เกิด SO_2 NO_x เขม่า และ CO แล้วบางครั้งก็ยังมีไฮโดรคาร์บอน ไฮโดรเจนคลอไรด์ และไดออกซินเกิดขึ้น

2.2) การถลุงและแปรรูปโลหะ ในกระบวนการถลุงแร่ เช่น การเผา และอบ จะเกิดการแพร่กระจายของทองแดง ตะกั่ว สังกะสี แคดเมียมปรอท และธาตุอื่นๆ ในสินแร่ ในการอบแร่ที่ปนอยู่กับกำมะถัน นอกจากจะเกิด SO_2 เป็นจำนวนมากแล้วก็ยังมี NO_x และเขม่าเกิดขึ้นอีก

2.3) การทำงานที่เกี่ยวข้องกับวัสดุที่มีลักษณะเป็นผง เช่น การบด วัสดุคืบ การคัดแยก การผสม แปรรูป และการขนส่งที่ก่อให้เกิดฝุ่นละออง

2.4) การกลั่นเชื้อเพลิงเหลว ซึ่งการใช้สารละลายและสีจะทำให้เกิดไฮโดรคาร์บอน

2.5) การแพร่กระจายของแก๊สพิษเกิดจากการจัดการที่ขาดความระมัดระวัง การกระจายของสารเคมีทางการเกษตร เช่น ยาฆ่าแมลง ยาฆ่าหญ้า เป็นต้น

2.6) การก่อสร้าง ทำให้เกิดฝุ่นละออง

1.4 ประเภทของสารมลพิษ

มลพิษอากาศแบ่งออกเป็น 2 ประเภท ตามลักษณะการเกิด คือ

1.4.1 สารมลพิษอากาศปฐมภูมิ

เป็นสารมลพิษอากาศที่เกิดขึ้นและถูกระบายจากแหล่งกำเนิดโดยตรง เช่น SO_2 , CO และ NO_x ฝุ่นละออง และเขม่าควันดำที่เกิดจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงในยานพาหนะ และเตาเผาในโรงงานอุตสาหกรรม เป็นต้น

1.4.2 สารมลพิษอากาศทุติยภูมิ

เป็นสารมลพิษอากาศที่ไม่ได้เกิดและถูกระบายออกจากแหล่งกำเนิดใดๆ แต่เกิดขึ้นในบรรยากาศทั่วไปจากปฏิกิริยาระหว่างสารมลพิษอากาศปฐมภูมิด้วยกันเอง หรือจากปฏิกิริยาเคมีระหว่างสารมลพิษอากาศปฐมภูมิกับสารมลพิษอื่นๆ ที่อยู่ในบรรยากาศ เช่น O_3 ซึ่งเกิดจากปฏิกิริยาโฟโตเคมีแบบออกซิเดชัน (Photochemical oxidation) ระหว่าง NO_x กับ HC ในบรรยากาศมีแสงแดดเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา หรือสารปนเปื้อนพวกกรดกำมะถัน เกิดจากปฏิกิริยาระหว่าง SO_2 กับละอองน้ำในอากาศ

1.5 มลสารในอากาศ

1.5.1 คาร์บอนมอนนอกไซด์ (CO)

วงพันธะ และคณะ (2543) คาร์บอนมอนนอกไซด์เป็นแก๊สไม่มีสี ไม่มีกลิ่นและรส เกิดจากการประกอบที่ไม่สมบูรณ์ของสารประกอบคาร์บอน เบากว่าอากาศเพียงเล็กน้อยละลายน้ำได้บ้าง คูดซิมรังสีอิเล็กโทรแมกเนติก ในระยะของรังสีอินฟราเรด โดยมีจุดศูนย์กลางการดูดซิมที่ความยาวคลื่น 4.67 ไมครอน และเป็นแก๊สเฉื่อยในสภาพอุณหภูมิและความดันอากาศปกติ แต่ไวต่อปฏิกิริยาที่อุณหภูมิสูง และเป็นตัวลดออกซิเจนได้เป็นอย่างดีหากมีตัวเร่งปฏิกิริยาซึ่งเป็นโลหะ เช่นพาราดีมกับซิลิกาเจล และส่วนผสมของแมงกานีส และออกไซด์ของทองแดง จะเกิดปฏิกิริยาเติมออกซิเจน ให้แก๊สนี้กลายเป็นแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ได้เร็วขึ้น

ร่างกายของมนุษย์ต้องการออกซิเจนไปเลี้ยงเซลล์ต่างๆ บางระบบ เช่น ระบบสมองส่วนกลางจะไวต่อการขาดออกซิเจนมาก เมื่อใดที่สมองอยู่ในสภาวะขาดออกซิเจนนานเกินควร ก็จะเกิดการเสื่อมสภาพโดยไม่อาจฟื้นฟูให้คืนเหมือนเดิมได้

เมื่อมนุษย์หายใจเอาอากาศเข้าสู่ปอด ออกซิเจนในอากาศจะจับตัวกับฮีโมโกลบินได้ไม่ดี ซึ่งเป็นส่วนประกอบของเม็ดเลือดแดง ปฏิกริยาเติมออกซิเจน (Oxygenation) ในเลือดนี้ทำให้เกิดสารประกอบไม่คงตัว คือ ออกซีฮีโมโกลบิน (Oxyhemoglobin) หัวใจจะสูบฉีดเลือดไปยังส่วนต่างๆ ของร่างกาย และ ออกซีฮีโมโกลบินจะแตกตัวออก ปลดปล่อยออกซิเจนให้แก่เซลล์ และในขณะเดียวกันก็รับเอาของเสียออกจากเซลล์ด้วย

คาร์บอนมอนอกไซด์เข้าสู่ปอดเมื่อหายใจเข้า และผ่านเยื่อปอด (alveolar capillary membrane) ด้วยวิธีเดียวกับออกซิเจน ถ้าคนที่อยู่ในบรรยากาศที่มีระดับความเข้มข้นของแก๊สนี้อย่างคงที่เป็นเวลานาน อันตรายที่ร่างกายรับแก๊สนี้จะลดลงอย่างเฉียบพลันจนถึงระดับสมมูล นั่นคือเมื่อความดันแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ในเลือด ในเส้นเลือดฝอยในปอด (pulmonary capillary blood) เท่ากันกับความดันในปอด

คนเริ่มมีพฤติกรรมเปลี่ยนแปลงได้ตั้งแต่เมื่อมีคาร์บอนมอนอกไซด์ที่จับกับฮีโมโกลบิน (HbCO) 2-3เปอร์เซ็นต์ โดยไม่อาจจำแนกความแตกต่างเล็กน้อยๆ ภายในระยะเวลาสั้นๆ ได้ และสมรรถนะในการระมัดระวังจะเริ่มผิดปกติเมื่อมี HbCO เพิ่มขึ้นถึง 3เปอร์เซ็นต์ และที่ระดับ HbCO ประมาณ 7 เปอร์เซ็นต์ ความสามารถในการเรียนรู้เริ่มลดลง (ดังตารางที่ 1)

แก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ในระดับสูงมีผลต่อการทำงานของหัวใจอย่างฉับพลัน ทำให้หัวใจผิดปกติ เช่น เต้นเร็วขึ้น เพิ่มจังหวะเต้นของหัวใจถี่ขึ้น (angina pectoris) นอกจากนั้นอาจมีอาการหัวใจโตชั่วคราว (temporary heart dilation) การหอบหืดของหัวใจเนื่องจากขาดอากาศ (cardiac asthma) และหลอดเลือดที่ปลายประสาทผิดปกติ (วงศ์พันธ์ และคณะ, 2538)

ตารางที่ 1 ความสัมพันธ์ระหว่างคาร์บอกซีโมโกลบินและผลที่เกิดขึ้นต่อมนุษย์

ระดับคาร์บอกซีโมโกลบิน (เปอร์เซ็นต์อิ่มตัวในเลือด)	ผลที่เกิดขึ้น
ผลต่อพฤติกรรม	
20	ยังสามารถจำแนกเวลาได้
11.3-8.4	ยังมีความฉับไว
9	ปฏิกิริยาคงเดิม
7.6-3	ปฏิกิริยาช้าลง
5	ลดความฉับไว
2	จำแนกเวลาไม่ได้
ผลต่อการทำงาน	
6.3	ลดระยะเวลาทำงานออกแรงของร่างกาย
4.3	ลดปริมาณอากาศที่หายใจออกได้มากที่สุดของร่างกาย (Vo ₂ max)
4.0	ลดระยะเวลาออกกำลังกายจนกระทั่งหมดแรง (โดยเฉลี่ย)
2.5	ลดระยะเวลาซึ่งผู้ไม่สูบบุหรี่สามารถออกกำลังกาย
ผลต่ออาการของผู้ป่วยด้วยโรคเส้นเลือดในหัวใจ	
5.1	เริ่มอาการของโรคหัวใจเร็วขึ้น
2.9	เริ่มอาการของโรคหัวใจภายใน 2 ชั่วโมง
2.8	ออกกำลังกายได้ไม่นานก่อนเกิดอาการตะคริว (intermittent claudications)
2.7	เริ่มอาการของโรคหัวใจได้เร็วขึ้น

ที่มา: วงศ์พันธ์ และคณะ (2538)

1.5.2 ออกไซด์ของไนโตรเจน (NO_x)

ไนโตรเจนสามารถรวมกับออกซิเจนจนเกิดเป็นออกไซด์ได้หลายออกไซด์ เช่น ไนตรัสออกไซด์ หรือที่เรียกกันว่าแก๊สหัวเราะ ไนตริกออกไซด์ ไนโตรเจนไดออกไซด์ ไคไนโตรเจนไตรออกไซด์ เป็นต้น

ตารางที่ 2 ออกไซด์ของไนโตรเจนและสมบัติทางกายภาพ

ออกไซด์	เสถียรภาพในบรรยากาศ	สมบัติทางกายภาพ (สี, จุดหลอมเหลว, จุดเดือด)
N ₂ O	แก๊สเสถียร	ไม่มีสี m.p.-90.8, b.p.-88.5
NO	แก๊สเสถียร	ไม่มีสี m.p.-163.6, b.p.-151.7
N ₂ O ₃	แก๊สไม่เสถียร	แตกสลายตัวเป็น NO และ NO ₂ ที่อุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิห้อง
NO ₂	แก๊สเสถียร	สีน้ำตาล m.p.-11.2, b.p.21.2
N ₂ O ₄	แก๊สไม่เสถียร	-
N ₂ O ₅	แก๊สไม่เสถียร	-
NO ₃	แก๊สไม่เสถียร	-

ที่มา: พงษ์เสวต (2544)

ในบรรดาออกไซด์ทั้งหมดของไนโตรเจนมีเพียง 2 ชนิดเท่านั้น คือ NO และ NO₂ ที่ปล่อยสู่บรรยากาศเป็นปริมาณมากโดยกิจกรรมของมนุษย์ ได้แก่ การเผาไหม้ของเชื้อเพลิง เช่น การเผาไหม้น้ำมันเชื้อเพลิงของเครื่องจักร ในโรงงานอุตสาหกรรมหรือเครื่องยนต์ อุตสาหกรรมปิโตรเคมี แปรสภาพแก๊สธรรมชาติ ถลุงแร่ หลอมโลหะ ผลิตแก้ว และปูนซีเมนต์ จากการศึกษาพบว่าอุณหภูมิของการเผาไหม้มีส่วนเกี่ยวข้องกับการเกิด NO_x การเผาไหม้ที่อุณหภูมิต่ำกว่า 550°C จะไม่เกิด NO แต่แก๊สนี้จะเกิดมากที่อุณหภูมิสูงกว่า 1100°C ดังนั้นการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงต่าง ๆ เช่น ถ่านหิน น้ำมันปิโตรเลียม และแก๊สธรรมชาติ ให้ NO ในปริมาณที่ไม่เท่ากัน เพราะอุณหภูมิโดยเฉลี่ยของการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงไม่เท่ากัน การเรียงลำดับปริมาณ NO ที่เกิดจากการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงทั้ง 3 คือ ถ่านหินให้ NO_x มากที่สุด ถัดไปคือน้ำมันปิโตรเลียมและแก๊สธรรมชาติตามลำดับ

อันตรายจาก NO_x ต่อมนุษย์ แก๊ส NO เป็นแก๊สไม่มีสี ไม่มีกลิ่น ละลายน้ำได้เล็กน้อย เมื่อเข้าไปในปอด จะกลายเป็น Nitrosamines ซึ่งเป็นสารที่ก่อให้เกิดมะเร็งที่ปอดได้ ทำลายเนื้อเยื่อปอด และทำให้ทางเดินหายใจอักเสบ NO₂ เป็นแก๊สที่มีสีน้ำตาลแกมแดง หรือเหลืองแกมน้ำตาล มีกลิ่นฉุนคล้ายกลิ่นคลอรีน มีคุณสมบัติละลายน้ำได้ดีมาก เป็นตัวออกซิไดซ์ที่แรง เป็นแก๊สที่ทำลายสุขภาพ ทำให้เกิดอาการแสบคอ แสบจมูก และแสบตาได้ถ้าได้รับเป็นระยะเวลานานจะเกิดอาการอักเสบของทางเดินหายใจ จะมีอาการบวมของเนื้อเยื่อในหลอดลมตอนบน และจะลุกลามถึงหลอดลมส่วนลึกในระบบ จนถึงมีอาการปวดบวม และถ้าในอากาศมีปริมาณความเข้มข้นถึง 100 ppm จะหายใจไม่ออก ระบบหายใจล้มเหลวจนอาจเสียชีวิตได้

1.5.3 ไนตริกออกไซด์ (NO)

เป็นแก๊สที่ไม่มีสีและไม่เสถียรในบรรยากาศ จัดเป็นมลสารทางอากาศทั้งประเภทปฐมภูมิและทุติยภูมิ เกิดได้จากธรรมชาติและจากกิจกรรมมนุษย์ซึ่งมี การใช้เชื้อเพลิงในการเผาไหม้เพื่อใช้ในกระบวนการทางอุตสาหกรรมรวมถึงในเครื่องยนต์ต่างๆ กระบวนการเผาไหม้เองที่ทำให้อุณหภูมิในบรรยากาศสูงขึ้น จึงเป็นเหตุให้แก๊สที่มีมากที่สุดในบรรยากาศ (79%) คือไนโตรเจน

ลำดับประเภทเชื้อเพลิงที่ปล่อยไนตริกออกไซด์เรียงจากปริมาณมากไปน้อยได้ดังนี้ ถ่านหิน > น้ำมันปิโตรเลียม > แก๊ส สำหรับจากธรรมชาตินอกจากไนตรัสออกไซด์ จะให้ไนตริกออกไซด์ได้จากดังกล่าวไปแล้ว พบว่าฟ้าผ่าก็เป็นแหล่งกำเนิดหลักของไนตริกออกไซด์และเกิดปฏิกิริยาได้เหมือนกับการเผาไหม้ได้เช่นกัน NO เป็นแก๊สที่ว่องไวจึง พบว่าหลังจากที่ถูกปล่อยในบรรยากาศได้ 4-6 วัน ก็จะถูกออกซิไดส์ต่อด้วยอะตอมของออกซิเจนหรือโอโซนแล้วให้ไนโตรเจนไดออกไซด์ได้ดังนี้



1.5.4 ไนโตรเจนไดออกไซด์ (Nitrogen dioxide, NO₂)

แก๊สไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO₂) เป็นแก๊สประเภทเดียวกับแก๊สที่มีปฏิกิริยาสูงที่เรียกว่า ออกไซด์ของไนโตรเจน (NO_x) แก๊สเหล่านี้จะเกิดขึ้นเมื่อเชื้อเพลิงถูกเผาไหม้มีอุณหภูมิสูง ออกไซด์ของไนโตรเจนมีทั้งหมด 7 รูป ได้แก่ N₂O, NO, NO₂, N₂O₃, N₂O₃, N₂O₄ และ NO₃ แต่มีเพียง NO และ NO₂ ที่เป็นสารมลพิษทางอากาศที่สำคัญ N₂O เป็นแก๊สเรือนกระจก

1) สมบัติสารออกไซด์ของไนโตรเจนบางชนิด

(1) แก๊สไนตริกออกไซด์ (NO) เป็นแก๊สไม่มีสี และกลิ่น จะทำปฏิกิริยากับแก๊สออกซิเจนเปลี่ยนเป็น ไนโตรเจนไดออกไซด์

(2) แก๊สไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO₂) เป็นแก๊สสีน้ำตาลแกมแดงที่มีกลิ่นฉุน คล้ายคลอรีน แก๊สไนโตรเจนไดออกไซด์ ละลายน้ำได้ดี และอยู่ในอากาศได้เพียง 3 วันเท่านั้น

การละลายน้ำได้ดีทำให้เป็นต้นเหตุของการเกิดฝนกรด โดยแก๊สไนโตรเจนไดออกไซด์จะทำปฏิกิริยากับละอองน้ำในบรรยากาศ ได้เป็นกรดไนตริก (HNO_3) ซึ่งเป็นสารที่ก่อให้เกิดฝนกรด

2) แหล่งกำเนิด

แก๊สออกไซด์ของไนโตรเจน จะถูกปล่อยจากยานพาหนะ และโรงงานอุตสาหกรรม เช่น โรงงานผลิตเครื่องใช้อิเล็กทรอนิกส์ และโรงงานอุตสาหกรรมต่าง ๆ แก๊สไนโตรเจนออกไซด์ จะมีสีน้ำตาลและทำให้ส้ล้ก ซึ่งแก๊สนี้จะทำปฏิกิริยากับโอโซนในอากาศได้ง่าย และกลายเป็นกรดไนตริกที่มีฤทธิ์กัดกร่อนเช่นเดียวกับไนเตรดที่เป็นสารพิษนอกจากนี้ไนโตรเจนออกไซด์ยังมีบทบาทสำคัญในการเกิดปฏิกิริยาในชั้นบรรยากาศ ซึ่งผล ปฏิกิริยานี้จะเกิดโอโซน (หรือหมอกควัน)

3) ผลต่อสุขภาพ และสิ่งแวดล้อม

แก๊สไนโตรเจนไดออกไซด์ทำให้เกิดการระคายเคืองในปอด และภูมิคุ้มกันของร่างกายต่ำลง แก๊สชนิดนี้เมื่อรวมตัวกับน้ำจะเกิดเป็นกรดไนตริกเป็นอันตรายร้ายแรงต่อสิ่งมีชีวิต ถ้าร่างกายรับเอาแก๊สไนโตรเจนไดออกไซด์ที่มีความเข้มข้นสูง จะทำอันตรายต่อปอดโดยตรง เช่น ทำให้ปอดอักเสบ เนื้ออกในปอด และทำให้หลอดลมตีบตัน และยังเป็นผลให้เกิดการติดเชื้อในระบบทางเดินหายใจ เช่น ไข้หวัดใหญ่ ผลกระทบจากการปล่อยไนโตรเจนไดออกไซด์ในระยะสั้น ยังไม่เป็นที่แน่ชัดและสำหรับการปล่อยอย่างต่อเนื่องหรือถี่มากๆ ในลักษณะนี้ไนโตรเจนไดออกไซด์จะมีความเข้มข้นสูงกว่าที่พบในอากาศโดยทั่ว ๆ ไปซึ่งอาจจะเป็นสาเหตุของการเพิ่มขึ้นของการเจ็บป่วยด้วยโรคทางเดินหายใจอย่างรุนแรงในเด็กไนโตรเจนไดออกไซด์มีช่วยทำให้เกิดโอโซน และสามารถส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศทั้งบนพื้นดิน และแหล่งน้ำ ไนโตรเจนไดออกไซด์ในอากาศยังเป็นตัวการสำคัญที่ทำให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม เช่น ฝนกรด และปรากฏการณ์ Eutrophication

1.5.5 แก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์

แก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) เป็นแก๊สที่ไม่มีสี มีกลิ่นกรด ถ้ามีความเข้มข้นในระดับ 0.3–0.1 พีพีเอ็ม ถ้ามีถึงระดับ 3 พีพีเอ็ม จะมีกลิ่นฉุน แสบจมูก แก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ไม่ระเบิด มีจุดเดือด -10 องศาเซลเซียส โดยปกติในบรรยากาศมีส่วนประกอบที่เป็นไอน้ำ หมอก เมฆ และฝน เมื่อ SO_2 ถูกปล่อยออกสู่บรรยากาศก็จะทำให้เกิดปฏิกิริยากับน้ำเป็น H_2SO_4 ซึ่งเป็น

อันตรายมากกว่า SO_2 เอง โดยเฉพาะสามารถทำให้วัตถุเกิดการผุกร่อนได้ SO_2 มีครึ่งชีวิต (half-life) ประมาณ 3 วัน โดยทั่วไป SO_2 จะถูกออกซิไดซ์เป็น SO_3 โดย O_2 หรือ O_3 และควบแน่นหรือตกสู่ในรูปของ H_2SO_4 หรือ SO_4^{2-} โดยปฏิกิริยาเคมี และมีตัวเร่งปฏิกิริยา เช่น ฝุ่น

SO_2 ที่พบในบรรยากาศ อยู่ในรูปสารประกอบ 3 ชนิด คือ SO_2 , H_2S และ SO_4^{2-} ในรูป แอโรซอล ซึ่งทั้ง 3 ชนิด SO_2 มีความสำคัญที่สุด

1) แหล่งกำเนิดจากการกระทำของมนุษย์

SO_2 อยู่ในกลุ่มของแก๊สซัลเฟอร์ออกไซด์ ซึ่งเป็นออกไซด์ของกำมะถันหรือซัลเฟอร์อย่างหนึ่ง เกิดจากการเผาไหม้ของเชื้อเพลิง โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ถ่านหิน น้ำมัน ซึ่งมีกำมะถันหรือซัลเฟอร์เจือปนอยู่ โรงงานอุตสาหกรรมที่ปล่อย SO_2 ออกสู่บรรยากาศในปริมาณสูงได้แก่ โรงงานอุตสาหกรรมที่ต้องใช้น้ำมันปิโตรเลียม โรงงานอุตสาหกรรมโลหะ เป็นต้น SO_2 เกิดจากการกระทำของมนุษย์มากกว่าที่เกิดขึ้นโดยธรรมชาติ การเผาไหม้เชื้อเพลิงที่มีซัลเฟอร์ (S) เป็นองค์ประกอบ จะถูกออกซิไดซ์ เป็น SO_2 การเผาไหม้อาจเกิด SO_3 ขึ้นได้ แต่มีปริมาณเพียงเล็กน้อย การปล่อย SO_2 ออกสู่บรรยากาศจากการเผาไหม้ ขึ้นอยู่กับปริมาณของ S ซึ่งปรากฏอยู่ในเชื้อเพลิง แหล่งที่สำคัญอีกแหล่งหนึ่งในการปล่อย SO_2 ออกสู่บรรยากาศ คือ อุตสาหกรรมถลุงโลหะ ซึ่งสินแร่บางชนิด เช่นสินแร่สังกะสีและทองแดง มักอยู่ในรูปของซัลไฟด์ ระหว่างการถลุงจะมี SO_2 ระบายออกมาด้วย แหล่งที่น่าสนใจอีกแหล่งหนึ่งคือ จากโรงงานผลิต H_2SO_4

2) แหล่งกำเนิดจากธรรมชาติ

SO_2 ที่ได้จากแหล่งธรรมชาติ เกิดจากการออกซิเดชันของ H_2S โดย O , O_2 หรือ O_3 โดยที่ ฝุ่น หรือละอองน้ำ เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ปฏิกิริยาจะเกิดขึ้นได้เร็วเมื่อเกิดปรากฏการณ์การณ์ของหมอกควัน Photochemical smog เพราะทั้ง O , O_3 และฝุ่นมีความเข้มข้นสูง

3) ผลต่อสุขภาพ และสิ่งแวดล้อม

การปล่อย SO_2 ที่มีความเข้มข้นสูง มีผลกระทบต่อสุขภาพอย่างมาก แก๊สนี้มีอันตรายต่อร่างกายมากยิ่งขึ้นเมื่อรวมตัวกับฝุ่น ซึ่งฝุ่นบางชนิดสามารถดูดซึมและละลาย SO_2 ไว้ในตัว เช่น โซเดียมคลอไรด์ ละอองไอของเหล็ก เฟอร์รัส แมงกานีส เป็นต้น ซึ่งรวมถึงผลกระทบต่อการทำงานของระบบทางเดินหายใจ โรคปอด โรคเกี่ยวกับหลอดเลือดหัวใจ และผู้ที่ได้รับ

ผลกระทบมากที่สุดคือ เด็ก คนชรา และผู้ป่วยโรคหืด โรคหลอดเลือดหัวใจหรือโรคปอด เช่น โรคหลอดลมอักเสบ ถุงลมโป่งพอง

SO₂เป็นแก๊สที่มีกลิ่นเหม็น ทำให้ระบบทางเดินหายใจ เช่น จมูก ลำคอ อักเสบ ระคายเคืองทั้งนี้เนื่องมาจากในน้ำมันเชื้อเพลิงรถยนต์มีกำมะถันปนอยู่ เมื่อเกิดการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์จะมีสารกำมะถันปนอยู่ เมื่อเกิดการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์จะมีแก๊สกำมะถันหลุดออกมาทางท่อไอเสียรถยนต์ ดังนั้นโรงกลั่นน้ำมันต้องกำจัดกำมะถันในน้ำมันดิบออกให้ได้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้ แก๊สนี้มีอันตรายต่อสุขภาพมากกว่าแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ เพราะเป็นตัวนำที่ทำให้เกิดการระคายเคืองต่อระบบหายใจ ทำให้สัตว์เจ็บป่วยด้วยโรคระบบทางเดินหายใจ ส่วนต้นในอัตราสูง ถ้าสูดเข้าไปเสมอ ๆ ทำให้เกิดหลอดลมอักเสบเรื้อรัง ถ้ามากทำให้สิ้นไถ่สั้นเกิดการเกร็งหดปิดทางเดินหายใจตายทันทีสำคัญที่สุดเป็นอันตรายต่อปอดในรายที่คนไข้เป็นโรคเกี่ยวกับทางเดินหายใจอยู่แล้ว จะมีอาการเพิ่มมากขึ้น เมื่อได้รับ SO₂ขนาด 0.25 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (ขนาดได้กลิ่นฉุน)

1.5.6 แก๊สโอโซน

โอโซน คือ แก๊สธรรมชาติรูปแบบหนึ่งของออกซิเจนที่ไม่เสถียร แต่มีพลังงานในการทำปฏิกิริยา ออกซิเดชันสูงโดยเมื่อทำปฏิกิริยาแล้ว จะไม่เหลือสารพิษตกค้างใดๆ นอกจากออกซิเจน จึงมีการนำโอโซนไปใช้งานอย่างแพร่หลาย ทั้งในครัวเรือน สำนักงาน จนถึงโรงงานอุตสาหกรรม

แก๊สโอโซน (O₃) บริสุทธิ์จะมีสีน้ำเงินแก่ มีกลิ่นคล้ายคลอรีน ละลายน้ำได้มากกว่าออกซิเจน มีจุดเดือดที่ -111.5 องศาเซลเซียส และมีจุดหลอมเหลวที่ -251 องศาเซลเซียส โอโซนที่ระดับพื้น เป็นสารมลพิษทุติยภูมิ (secondary pollutant) เกิดจากปฏิกิริยาเคมี Photochemical Oxidation ระหว่างสารประกอบไฮโดรคาร์บอน และแก๊สออกไซด์ของไนโตรเจน โดยมีแสงแดดเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา เกิดได้ง่ายในถนน เพราะแหล่งกำเนิดคือรถดีเซล มักใช้เวลาในการเกิด 3 ชั่วโมง ในเวลากลางวัน แก๊สโอโซนทำให้ระคายตา และระคายเคืองต่อระบบทางเดินหายใจ ลดความสามารถในการทำงานของปอดลง เหนื่อยเร็ว โอโซนมีผลกระทบต่อวัสดุ เช่น ยางพลาสติก เป็นต้น ทำให้วัสดุเหล่านั้นเสื่อมคุณภาพได้เร็ว

ในบรรยากาศที่ห่อหุ้มโลกนั้นบรรยากาศชั้นสตราโตสเฟียร์ นับว่าเป็นชั้นที่มีอิทธิพลต่อสิ่งมีชีวิตบนพื้นโลกมากที่สุด เพราะสามารถกรองรังสีอัลตราไวโอเล็ต (UV) ซึ่งเป็นอันตรายต่อชีวิตมนุษย์ และ สิ่งมีชีวิตอื่นๆ นอกจากนี้ยังมีส่วนสำคัญ ที่ทำให้อุณหภูมิของโลกอบอุ่นขึ้นอีกด้วย ดังนั้นการศึกษาสถานภาพของโอโซน และสารประกอบที่สามารถทำลายโอโซน ในบรรยากาศชั้นสตราโตสเฟียร์ จึงมีความสำคัญมาก โอโซนในบรรยากาศมีปริมาณน้อยมาก เฉลี่ยประมาณ 3 ใน 10 ล้านโมเลกุลอากาศ แม้ว่าจะมีปริมาณเล็กน้อยแต่มีบทบาทสำคัญในบรรยากาศมาก โดยปกคิพบมากใน 2 บริเวณคือ ร้อยละ 90 พบในชั้นบรรยากาศ สตราโตสเฟียร์ ที่ความสูงประมาณ 8 ถึง 50 กิโลเมตร พบโอโซนหนาแน่นที่ประมาณ 15 - 35 กิโลเมตร เรียกว่า ชั้นโอโซน ส่วนที่เหลือร้อยละ 10 พบที่บริเวณชั้นล่างลงมา คือชั้น โทรโปสเฟียร์ โมเลกุลของโอโซนใน 2 บริเวณ นี้มีลักษณะทางเคมีเหมือนกัน เพราะว่าประกอบด้วยอะตอมออกซิเจน 3 อะตอมรวมกันด้วยสูตรเคมี O_3 แต่มีผลกระทบต่อความเป็นอยู่ของสิ่งมีชีวิตต่างกัน โอโซนในบรรยากาศสตราโตสเฟียร์มีบทบาทสำคัญ ในการดูดกลืนรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่เป็นอันตรายทางชีวภาพ ที่เรียกว่า UV-B ซึ่งมีเพียงส่วนน้อยที่ส่องถึงพื้นโลก การดูดกลืนรังสีอัลตราไวโอเล็ต ทำให้เกิดความอบอุ่นในบรรยากาศสตราโตสเฟียร์ ซึ่งมีลักษณะอุณหภูมิสูงขึ้นตามความสูง โอโซนจึงมีความสำคัญต่อระบบอุณหภูมิในบรรยากาศโลก หากปราศจากการกรองรังสีอัลตราไวโอเล็ต แล้วจะมีรังสีส่องถึงพื้นโลกมากขึ้น และส่งผลกระทบต่อมนุษย์ สัตว์ และพืชส่วนที่ผิวพื้นโลก โอโซนกลับเป็นอันตราย เพราะว่าทำปฏิกิริยากับโมเลกุลอื่น และระดับโอโซนที่สูงจะเป็นพิษกับสิ่งมีชีวิตซึ่งมีผลกระทบต่อเชิงลบ ตรงกันข้ามกับคุณประโยชน์ในการช่วยกรองรังสี UV-B

1) คุณสมบัติของโอโซน

(1) ฆ่าเชื้อโรค โอโซนทำลายผนังเซลล์ของเชื้อโรค จึงสามารถฆ่าเชื้อโรค, เชื้อรา, ไวรัส และแบคทีเรียได้ โอโซนมีประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อได้ดีกว่า และเร็วกว่าคลอรีน 3,125 เท่า อีกทั้งยังไม่เหลือสารเคมีตกค้าง

(2) ดับกลิ่น โอโซนสามารถสลายโครงสร้างของไอระเหยจากสารอินทรีย์ และ อนินทรีย์ส่วนใหญ่ให้เป็นโมเลกุลที่ไม่มีกลิ่น และไม่มีพิษ

(3) สลายสารพิษและสี โอโซนสามารถสลายโครงสร้างของสารเคมี, ยาฆ่าแมลง, สี และสารพิษต่างๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

(4) สลายตะกรัน โอโซนทำลายผนังเซลล์ของแบคทีเรีย ซึ่งเป็นต้นกำเนิดของไบโอฟิล์ม และแหล่งสะสมตะกรัน

2) ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

โอโซนจะทำให้พืชเกิดความเสียหาย โดยจะเกิดความเสียหายบริเวณเนื้อเยื่อลักษณะเป็นริ้ว ที่ผิวของใบไม้จะเกิดอาการด่างเล็กๆ, จุดด่างขีด, ลักษณะของเมล็ดสีจะเกิดการผิดปกติ การเจริญเติบโตจะหยุดชะงัก และมีใบร่วง

อย่างไรก็ตามเนื่องจากโอโซนทำปฏิกิริยากับโมเลกุลอื่นได้ง่าย จึงไม่เสถียรพอที่จะถูกสร้างและส่งขึ้นไปในบรรยากาศสตราโตสเฟียร์ได้ เมื่อพิจารณาปริมาตรของบรรยากาศและขนาดของโอโซนที่หายไป ที่มีขนาดมหึมา จะเป็นการลงทุนที่สูง และใช้พลังงานมากจึงเป็นสิ่งปฏิบัติยากและเป็นการทำลายสิ่งแวดล้อมอีกด้วย

โอโซนเป็นสาร photochemical oxidant เกิดจากปฏิกิริยา photochemical oxidation ระหว่างสารประกอบไฮโดรคาร์บอนและแก๊สออกไซด์ของไนโตรเจนโดยมีแสงแดดเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา เป็นตัวเติมออกซิเจนอย่างดี ทำหน้าที่ในการป้องกันโลกจากรังสีอัลตราไวโอเล็ต ซึ่งอาจทำอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตได้ ผลของโอโซนที่มีต่อมนุษย์ คือ จะไปเร่งปฏิกิริยาของเม็ดเลือดแดงที่มีต่อการรับรังสีเอ็กซ์เรย์ และทำลายโครโมโซมได้ นอกจากนี้ ในระดับประมาณ 200 มกค.ต่อลบ.ม ยังทำให้เกิดการระคายเคืองตาและสายตาคิดปกติ ระดับตั้งแต่ 200 มกค.ต่อลบ.ม การทำงานของปอดจะผิดปกติมีผลต่อระบบหายใจ โดยจะไปกระตุ้นให้ช่องจมูก บีบรัดตัวและทำปฏิกิริยาโดยตรงกับทางเดินหายใจส่วนปลาย

1.5.7 ฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน

ฝุ่นละออง (Particulate Matter) หมายถึง อนุภาคของแข็งและหยดละอองของเหลวที่แขวนลอยกระจายในอากาศ อนุภาคที่กระจายในอากาศบางชนิดมีขนาดใหญ่ และมีสีดำจนมองเห็นเป็นเขม่าและควัน แต่บางชนิดมีขนาดเล็กมากจนมองด้วยตาเปล่าไม่เห็น ฝุ่นละอองที่แขวนลอยในบรรยากาศ โดยทั่วไปมีขนาดตั้งแต่ 100 ไมโครเมตรลงมา ฝุ่นละอองสามารถก่อให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยของคน สัตว์ พืช เกิดความเสียหายต่ออาคารบ้านเรือน ทำให้เกิดความเดือดร้อนรำคาญต่อประชาชน บดบังทัศนวิสัย ทำให้เกิดอุปสรรคในการคมนาคม ขนส่งนานาชาติประเทศจึงได้มีการกำหนดมาตรฐานฝุ่นละออง ในบรรยากาศขึ้น สำหรับในประเทศ

สหรัฐอเมริกา US. EPA(United state Environmental Protection Agency) ได้มีการกำหนดค่ามาตรฐานของฝุ่นรวม (Total Suspended Particulate) และฝุ่น PM10 แต่เนื่องจากการศึกษาวิจัย ฝุ่นขนาดเล็กนั้นจะเป็นอันตรายต่อสุขภาพมากกว่าฝุ่นรวม เนื่องจากสามารถผ่านเข้าไประบบทางเดินหายใจส่วนในและมีผลต่อสุขภาพมากกว่า ฝุ่นรวม ดังนั้น US. EPA จึงได้มีการยกเลิกค่ามาตรฐานฝุ่นรวม และกำหนดค่ามาตรฐานฝุ่นขนาดเล็กเป็น 2 ชนิด คือ PM10 และ PM2.5

PM₁₀ คือสารอนุภาคที่มีขนาดเล็กมาก ๆ (น้อยกว่า 10 ไมครอน) ซึ่งสามารถแขวนลอยอยู่ได้ในอากาศในช่วงหนึ่ง และถูกสูดเข้าไปได้ลึกในปอด ได้มีการบันทึกถึงการเพิ่มขึ้นของอัตราการตายและการเกิดโรคที่เกี่ยวข้องเนื่องมาจากความเข้มข้นที่สูงของ PM₁₀ ในอากาศ ฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอนจึงเป็นปัญหาทางมลภาวะอากาศที่รุนแรงที่สุดในกรุงเทพมหานครและเมืองใหญ่ เพราะมีระดับเกินมาตรฐานนับเป็นจำนวนครั้งสังเกตการณ์มากที่สุดเมื่อเทียบกับมลภาวะประเภทอื่น

1) แหล่งที่มาของฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน

มี 3 แหล่งใหญ่ คือ

(1) ฝุ่นจากถนน

(2) ฝุ่นจากแหล่งกำเนิดแบบเคลื่อนที่ โดยเฉพาะรถยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซล ซึ่งเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ ที่เรียกว่า Diesel Exhaust Particles (DEP) เช่น รถโดยสารประจำทาง รถบรรทุก

(3) ฝุ่นจากการก่อสร้าง และอุตสาหกรรม แต่ไม่มากเท่า 2 กรณีแรกร่างกายคนเรามีทางรับสัมผัสฝุ่นละอองสารพิษต่างๆที่หายใจได้ โดยทางเดินหายใจ ซึ่งแบ่งเป็นสองส่วนคือ ทางเดินหายใจส่วนบน ได้แก่ จมูก โปรงจมูก คอหอย หลอดลมคอ ซึ่งมีขนจมูกและความชื้นกรองฝุ่นละอองที่มีขนาดใหญ่ และทางเดินหายใจส่วนล่าง ได้แก่ หลอดลม คอ ส่วนอก และปอด ซึ่งประกอบด้วยหลอดลมฝอยมากมายทำให้ความเร็วของการไหลของอากาศใน ปอดลดลง จึงมีผลต่อการตกค้างของฝุ่นละอองในปอด

2) กลไกการตกค้างฝุ่นละอองในทางเดินหายใจ

มี 3 กลไก ได้แก่

- (1) การปะทะเนื่องจากความเฉื่อย
- (2) การตกตะกอนเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก
- (3) การแพร่ของโมเลกุลแบบบราวเนียน

กลไกการตกค้างของฝุ่นละอองในส่วนต่างๆของระบบทางเดินหายใจ แสดงไว้ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อกลไกการตกค้างฝุ่นละอองในส่วนต่างๆของระบบหายใจ

ขนาดของฝุ่นละออง	กลไกของฝุ่นในทางเดินหายใจ	บริเวณตกค้างของฝุ่น
5 – 30 ไมครอน	การปะทะเนื่องจากความเฉื่อย	จมูกและคอหอยส่วนจมูก
1 - 10 ไมครอน	การตกตะกอน	คอหอย และหลอดลม
1 ไมครอนและเล็กกว่า	การแพร่	หลอดลมคอและหลอดลมฝอย ถุงลม และบริเวณถุงลม

ที่มา: อรุบล (2541)

3) กลไกการทำอันตรายของอนุภาคมลสาร

มี 4 กลไกหลัก ดังนี้

(1) การอักเสบของถุงลมปอด (Alveolar inflammation) การค้างค้างของอนุภาคมลสารเกิดจากความล้มเหลวของเม็ดเลือดขาวที่จะจับ และทำลายอนุภาคมลสารขนาดเล็ก หลักฐานในสัตว์ทดลองสู่สมมติฐานที่ว่าอนุภาคมลสารขนาดเล็กและไวต่อปฏิกิริยาทางเคมีจะทำให้เกิดปฏิกิริยาตอบสนองอย่างเดียวกันในมนุษย์ ทำให้เกิดการอักเสบของถุงลมปอด การกระตุ้นของอนุภาคมลสารขนาดเล็ก กระบวนการเกิดการอักเสบของปอดพบได้จากการเปลี่ยนแปลงของโปรตีนในพลาสมาที่จะกลายเป็น ไฟบรินและเม็ดเลือดขาวที่เพิ่มขึ้น

(2) การจับตัวเป็นลิ่มเลือดในทางเดินโลหิต (Clotting pathway) เม็ดเลือดขาวที่ถูกกระตุ้นโดยสิ่งเร้าต่าง ๆ นำไปสู่กระบวนการตกตะกอนของเลือดพบว่าโปรตีน ในพลาสมา จะเปลี่ยนไปเป็นโปรตีน(ไฟบริโนเจน) ก่อให้เกิดการแข็งตัวของเลือด

(3) ความข้นเหนียวของพลาสมา (Plasma viscosity) การศึกษาที่ประเทศเยอรมัน พบความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของพลาสมากับการเปลี่ยนแปลง ระดับมลพิษทางอากาศ ในกลุ่มผู้หญิงและกลุ่มผู้ชายสูบบุหรี่ การศึกษาการเปลี่ยนแปลงการไหลเวียนโลหิต เนื่องมาจากกระบวนการอักเสบของเซลล์ในถุงลมปอด นำไปสู่ปฏิกิริยาเฉียบพลันทางพยาธิวิทยา ที่มีความสัมพันธ์ระหว่างระดับฝุ่นละอองในอากาศ และอุบัติการณ์การเสียชีวิต

(4) การถูกกระตุ้นของทางผ่านอากาศในท่อหายใจ (Airway reactivity) การหดตัวของกล้ามเนื้อจะเกิดขึ้นเมื่อตัวรับสัมผัสในหลอดลมคอ และหลอดลมใหญ่ถูกกระตุ้นด้วยสิ่งเร้า เช่น บุหรี่ หรืออากาศพิษ สารเคมีที่หลังจากกล้ามเนื้อเรียบของทางเดินหายใจที่สำคัญคือสารก่อภูมิแพ้ และสารที่มีฤทธิ์กระตุ้นการหดตัวของหลอดลม การหดตัวของหลอดลมมีผลให้เส้นผ่านศูนย์กลางของทางเดินอากาศลดลงและเพิ่มแรงต้านของอากาศ ที่ผ่านเข้าออกในท่อหายใจ ส่งผลให้การหายใจมีเสียงวี๊ดในอก ไอ และหายใจลำบาก อาการจะรุนแรงขึ้นเมื่อออกกำลังกาย

4) ผลกระทบต่อสุขภาพ

ฝุ่น ละอองขนาดเล็กจะมีผลกระทบต่อสุขภาพเป็นอย่างมาก เมื่อหายใจเข้าไปในปอดจะเข้าไปอยู่ในระบบทางเดินหายใจส่วนล่าง ในสหรัฐอเมริกาพบว่า ผู้ที่ได้รับฝุ่น PM_{10} ในระดับหนึ่งจะทำให้เกิดโรค Asthma และ ฝุ่น $PM_{2.5}$ ในบรรยากาศจะมีความสัมพันธ์กับอัตราการเพิ่มของผู้ป่วยที่เป็นโรคหัวใจและ โรคปอด และเกี่ยวข้องกับการเสียชีวิตก่อนวัยอันควร โดยเฉพาะผู้ป่วยสูงอายุ ผู้ป่วยโรคหัวใจ โรคหอบหืดและเด็กจะมีอัตราเสี่ยงสูงกว่าคนปกติ ประเทศไทยมีการให้ความหมายของคำว่าฝุ่นละอองได้ดังนี้ ฝุ่นละอองหมายถึง ฝุ่นรวม (Total Suspended Particulate) ซึ่งเป็นฝุ่นขนาดใหญ่ที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง ตั้งแต่ 100 ไมโครเมตรลง ส่วนฝุ่นขนาดเล็ก (PM_{10}) หมายถึง ฝุ่นที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางตั้งแต่ 10 ไมโครเมตรลงมา ฝุ่นละอองที่เป็นปัญหามลพิษสำคัญอันดับหนึ่งของกรุงเทพมหานครในปี พ.ศ. 2541 ธนาคารทั่วโลก (World Bank) ได้ให้ทุนสนับสนุนการศึกษาเรื่องผลกระทบของฝุ่นละอองที่มีต่อสุขภาพอนามัยของ คนในกรุงเทพมหานคร เพื่อพบว่าฝุ่นละอองในกรุงเทพมหานครมีผลกระทบต่อสุขภาพอนามัย โดยมีระดับความรุนแรงใกล้เคียงกับผลการศึกษาจากเมืองต่างๆทั่วโลก โดยระดับของฝุ่นขนาดเล็กอาจทำให้คนใน

กรุงเทพมหานครตายก่อนเวลาอันควร ถึง 4,000 - 5,500 รายในแต่ละปี นอกจากนี้ยังพบว่า การเข้ารับการรักษาตัวในโรงพยาบาลมีความสัมพันธ์กับ ปริมาณฝุ่นขนาดเล็ก และจากการประเมินทางด้านเศรษฐศาสตร์แสดงให้เห็นว่าสามารถลดปริมาณ PM_{10} ในบรรยากาศลงได้ 10 ลูกบาศก์เมตร จะช่วยลดผลกระทบต่อสุขภาพ คิดเป็นจำนวนเงิน 35,000 - 88,000 ล้านบาทต่อปี สอดคล้องกับงานวิจัยของ (นิตยา, 2551) พบว่าการเพิ่มขึ้นของฝุ่นละออง PM_{10} ในปริมาณ $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ จะทำให้เด็กมีความเสี่ยงต่อการเจ็บป่วยด้วยอาการหอบหืดเพิ่มขึ้นร้อยละ 8.8 ไข้หวัดใหญ่ลดลงเพิ่มขึ้นร้อยละ 2.9 มีอาการระบบหายใจส่วนล่างเพิ่มขึ้นร้อยละ 3.0 มีอาการทางระบบหายใจส่วนบนเพิ่มขึ้นร้อยละ 0.7 มีอาการไอเพิ่มขึ้นร้อยละ 1.3 และมีการลดลงของสมรรถภาพปอดด้วย

2. ตำนานวิทยา

2.1 ความหมาย

รังสรรค์ (2547) กล่าวว่า อุตุนิยมวิทยาตรงกับภาษาอังกฤษว่า meteorology เป็นวิทยาศาสตร์ประยุกต์ที่พัฒนาจากวิทยาศาสตร์ธรรมชาติ บุคคลผู้มีปัญญารอบรู้ที่สมควรได้รับเกียรติยกย่องว่าเป็นผู้ให้กำเนิดวิชานี้ คือ อริสโตเติล ปราชญ์เมธีชาวกรีกโบราณผู้เขียนตำรา Meteorologica นั้นเอง คำว่า meteorology เดิมเป็นภาษากรีกมาจากคำว่า meteoros (thing in the heaven above) รวมกับคำว่า logos (discourse) สำหรับคำที่ใช้ในภาษาไทยนั้น อุตุนิยมวิทยาเป็นภาษาสันสกฤต แปลว่า อุตุน รวมกับนิยามเป็นภาษาบาลีแปลว่ากำหนด และวิทยา แปลว่าวิชาการหรือความรู้ดังนั้นคำว่า อุตุนิยมวิทยา แปลรวมความหมายว่า “วิชาการหรือความรู้ของการกำหนดฤดูกาล”

รุจิพรรณ (2539) กล่าวว่า อุตุนิยมวิทยา คือวิทยาศาสตร์สาขาหนึ่งที่ศึกษาเกี่ยวกับบรรยากาศและปรากฏการณ์ต่างๆ ของบรรยากาศ รวมทั้งความสัมพันธ์โดยตรงระหว่างบรรยากาศกับพื้นโลก มหาสมุทร และสิ่งมีชีวิตทั่วไป

ราชบัณฑิตยสถาน (2523) ได้ให้การนิยามความหมายว่าอุตุนิยมวิทยา เป็นวิชาที่กล่าวถึงเรื่องราวของบรรยากาศ วิชานี้ไม่เพียงแต่เกี่ยวข้องกับทางกายภาพ ทางเคมี และทางพลวัตของบรรยากาศเท่านั้น แต่ยังมีส่วนสัมพันธ์โดยตรงระหว่างบรรยากาศกับพื้นโลก มหาสมุทร และสิ่งมีชีวิตโดยทั่วไปอีกด้วย จุดมุ่งหมายของวิชานี้อยู่ที่การศึกษาให้เข้าใจในเรื่องราวของบรรยากาศ การพยากรณ์ลมฟ้าอากาศให้เป็นไปโดยสมบูรณ์ถูกต้อง และแม่นยำ ตลอดจนการควบคุมภูมิอากาศในบรรยากาศหรือในสถานที่บางแห่ง เพื่อใช้ประโยชน์ในกิจกรรมบางอย่าง

สุวพันธ์ (2545) กล่าวว่า อุตุนิยมวิทยา คือวิทยาศาสตร์บรรยากาศ และปรากฏการณ์ของอากาศ เช่น ฝน ลม พายุ เป็นต้น ซึ่งเกี่ยวข้องกับความเป็นอยู่ของมนุษย์ สิ่งมีชีวิต พืช และสัตว์

อุตุนิยมวิทยา (meteorology) เป็นวิทยาศาสตร์ประยุกต์ที่ศึกษาเรื่องราวของบรรยากาศ กระบวนการต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นจากความสัมพันธ์ระหว่างบรรยากาศ พื้นดิน มหาสมุทร และสิ่งมีชีวิตบนพื้นที่ผิวโลก สาเหตุการเปลี่ยนแปลงสภาพของบรรยากาศและปรากฏการณ์ต่าง ๆ ในธรรมชาติ (รังสรรค์, 2547) โดยการตรวจวัดและวิเคราะห์สภาพของบรรยากาศในสถานที่และเวลาหนึ่งเรียกว่า สภาพของบรรยากาศ และสภาพของบรรยากาศโดยทั่วไปของท้องถิ่นจากการศึกษาในระยะเวลานาน เรียกว่า ภูมิอากาศ โดยข้อมูลภูมิอากาศเป็นข้อมูลกำหนดฤดูกาลต่าง ๆ ในรอบปีของท้องถิ่นนั้น ๆ โดยประเทศไทยตั้งอยู่ในเขตอิทธิพลของลมมรสุม โดยอิทธิพลลมมรสุมที่สำคัญคือลมมรสุมตะวันตกเฉียงเหนือที่ผ่านประเทศไทยในช่วงเดือนพฤศจิกายนถึงเดือนมกราคม และลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือช่วงเดือนพฤษภาคมถึงเดือนตุลาคม โดยประเทศไทยมีฤดูกาลที่เด่นชัด 2 ฤดู คือ ฤดูฝนและฤดูแล้ง (wet and dry seasons) สลับกัน โดยฤดูแล้งแยกเป็นฤดูร้อนและฤดูหนาว ดังนั้น ฤดูกาลของประเทศไทยจึงมี 3 ฤดู คือฤดูร้อนระหว่างกลางเดือนกุมภาพันธ์ถึงกลางเดือนพฤษภาคม ฤดูฝนระหว่างกลางเดือนพฤษภาคมถึงเดือนตุลาคม และฤดูหนาวระหว่างเดือนพฤศจิกายนถึงกลางเดือนกุมภาพันธ์

ข้อมูลอุตุนิยมวิทยาเป็นข้อมูลที่มีประโยชน์ต่อการศึกษาด้านมลพิษทางอากาศ และประยุกต์ใช้ในการศึกษาพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับทำนายมลพิษทางอากาศ โดยข้อมูลอุตุนิยมวิทยาที่สำคัญ ได้แก่

2.1.1 ความเร็วลมและทิศทางลม (wind speed and wind direction)

ลม คือ อากาศที่เคลื่อนไหวย่นานกับผิวโลก โดยปัจจัยที่มีความสำคัญในการประเมินการแพร่กระจายของฝุ่นละออง คือ ความเร็วลมและทิศทางลม เนื่องจากฝุ่นละอองจะถูกเจือจางโดยลมที่พัดผ่านแหล่งกำเนิด ซึ่งการเจือจางนี้เกิดจากอากาศที่ไม่มีฝุ่นละอองหรือมีฝุ่นละอองน้อยเคลื่อนที่เข้ามา ทำให้บริเวณที่มีความเข้มข้นของฝุ่นละอองมากมีความเข้มข้นของฝุ่นละอองลดลงในขณะที่ทิศทางลมจะมีอิทธิพลต่อการเคลื่อนที่ของฝุ่นละออง และบริเวณที่มลสารกระจายออกไปซึ่งทิศทางลมจะเป็นตัวกำหนดว่าตัวมลสารจะถูกพัดไปทิศทางไหน เนื่องจากลมไม่ได้พัดไปในทิศทางเดียวตลอดเวลา และการพัดไปในทิศทางต่างๆ มักไม่คงที่ทั้งในช่วงเวลาด้านๆหรือเป็นเวลานานในทางอุตุนิยมวิทยาจะแสดงความเร็วลมและทิศทางลมในรูปของแผนภูมิ

ลมจะแสดงในทิศทางที่มวลสารถูกพัดพามาไปสู่ทิศทางตรงกันข้าม เช่น ลมที่พัดมาจากทิศตะวันออกเฉียงใต้จะพัดฝุ่นละอองไปทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือ เป็นต้น (วงศ์พันธ์ และคณะ, 2543) ตารางเปรียบเทียบความเร็วลมแสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 เปรียบเทียบความเร็วลม

มาตราโบฟอร์ด และคำอธิบาย	อัตราเร็วลมเทียบเท่ามาตรฐานที่ความสูง 10 เมตร เหนือพื้นดิน				คุณสมบัติสำหรับการ ประมาณการความเร็ว เหนือพื้นดิน
	นอต	เมตร/วินาที	กิโลเมตร/ ชม.	ไมล์/ชม.	
0 ลมสงบ	< 1	0 – 0.2	< 1	< 1	สงบ ควันลอยคั้งขึ้นตรง
1 ลมเบา	1 – 3	0.3 – 1.5	1 – 5	1 – 3	ทิศทางลมมองเห็นได้ โดยควันที่ลอยคั้งขึ้นแต่ ไม่ใช่จากศรลม
2 ลมอ่อน	4 – 6	1.6 – 3.3	6 – 11	4 – 7	รู้สึกมีลมปะทะหน้า ใบไม้เคลื่อนไหวศรลม เริ่มหันทิศทางไปตาม ลม
3 ลมเฉื่อย	7 – 10	3.4 – 5.4	12 – 19	8 – 12	ใบไม้และกิ่งไม้เล็กๆ เคลื่อนไหวตลอดเวลา ธงคั้งออกตามลม
4 ลมปาน กลาง	11 – 16	5.5 – 7.9	20 – 28	13 – 18	ฝุ่นฟุ้ง กระจายปลิว คั้ง ไม้เล็กๆ โยก
5 ลมกระโชก	17 – 21	8.0 – 10.7	29 – 38	19 – 24	คั้งไม้เล็กๆ เริ่มโยก แหล่งน้ำบนบกเริ่มเห็น ยอดเป็นคลื่นระลอก เล็กๆ
6 ลมแรง	22 – 27	10.8 – 13.8	39 – 49	25 – 31	คั้งไม้ใหญ่โยก สายโทร เลขคั้งหวือๆ ไม่สะดวก ที่จะใช้ร่ม

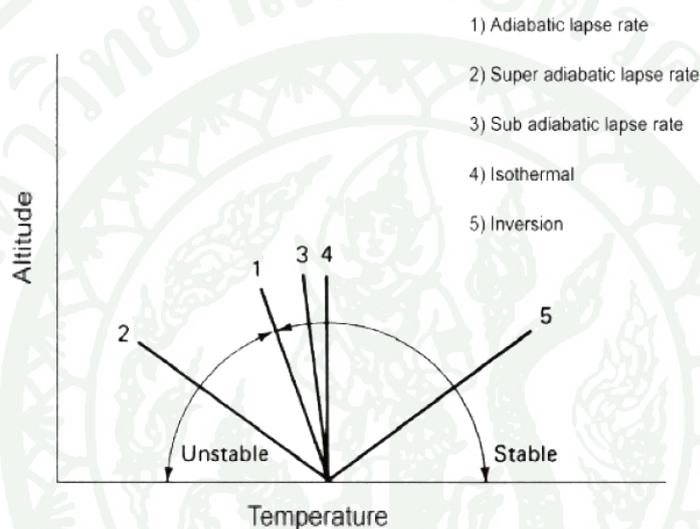
ตารางที่ 4 (ต่อ)

มาตราโบฟอร์ต และคำอธิบาย	อัตราเร็วลมเทียบเท่ามาตรฐานที่ความสูง 10 เมตรเหนือพื้นดิน				คุณสมบัติสำหรับการ ประมาณการความเร็ว เหนือพื้นดิน
	นอต	เมตร/วินาที	กิโลเมตร/ ชม.	ไมล์/ชม.	
7 พายุปานกลาง	28 – 33	13.9 – 17.1	50 – 61	32 – 38	ต้นไม้โยก เดินด้านลม ไม่สะดวก
8 พายุกระโชก	34 – 40	17.2 – 20.7	62 – 74	39 – 46	กิ่งไม้หัก เดินไป ข้างหน้าไม่สะดวก
9 พายุแรง	41 – 47	20.8 – 24.4	75 – 88	47 – 54	เบี่ยงโครงสร้างความ เสียหายที่เกิดขึ้น
10 พายุจัด	48 – 55	24.5 – 28.4	89 – 102	55 – 63	ต้นไม้ถอนราก สิ่งก่อสร้างเสียหาย มาก
11 พายุรุนแรง	56 – 63	28.5 – 32.6	103 – 117	64 – 72	สิ่งก่อสร้างเสียหายเป็น บริเวณกว้าง
12 พายุเฮอริเคน	64 and over	32.7 and over	118 and over	73 and over	-

2.1.2 อุณหภูมิ (Temperature)

อุณหภูมิของบรรยากาศที่ระดับความสูงต่างๆ จะมีค่าไม่เท่ากัน ซึ่งตามปกติ อุณหภูมิจะลดลงตามความสูงที่เพิ่มขึ้น และความแตกต่างของอุณหภูมิที่ระดับความสูงต่างๆ จะมีผลต่อการแพร่กระจายของฝุ่นละออง ในเวลากลางวันแสงอาทิตย์จะทำให้เกิดความปั่นป่วนของมวลอากาศ เป็นผลให้การแพร่กระจายของฝุ่นละอองในบรรยากาศแพร่กระจายได้เป็นอย่างดี ส่วนในเวลากลางคืน อุณหภูมิจะลดต่ำลงมากทำให้มวลอากาศนิ่งส่งผลให้การแพร่กระจายได้ไม่ดี ทั้งนี้ ความแตกต่างของอุณหภูมิที่ระดับความสูงต่างๆ จะเป็นตัวบ่งชี้ทางอ้อมว่าอากาศอากาศมีความปั่นป่วนมากหรือน้อย

สุรรัตน์ (2547) การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิตามระดับความสูงมีอิทธิพลต่อการเคลื่อนที่ของมลสารและปริมาณความแปรปรวนที่เกิดขึ้นเพื่อกระจายมลสารให้เกิดการผสมในบรรยากาศโดยจะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิที่ระนาบต่างๆ ในบรรยากาศที่ระดับน้ำทะเลมีความกดอากาศประมาณ 1 atm และเมื่อระดับความสูงเพิ่มขึ้นความกดอากาศจะค่อยๆ ลดลง ดังนั้นที่ระดับความสูงต่างๆ มีอุณหภูมิที่แตกต่างกันทำให้ความกดอากาศที่แตกต่างกันด้วย มวลอากาศจึงมีการเคลื่อนที่ระหว่าง 2 บริเวณ หรือที่เรียกว่าลมนั่นเอง ลมจึงเป็นตัวการที่ทำให้มลสารกระจายตัวในบรรยากาศได้ การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิตามระดับความสูงมีหลายแบบ ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 สภาพบรรยากาศและความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและความสูง

ที่มา: สุรรัตน์ (2547)

2.1.3 ความกดอากาศ (atmospheric pressure)

เป็นแรงที่เกิดจากน้ำหนักของมวลอากาศกดลงบนพื้นที่โลกต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ โดยความกดอากาศเป็นตัวแปรที่สำคัญของการตรวจสภาพอากาศประจำวันเพื่อการวิเคราะห์และการพยากรณ์อากาศ และการเปลี่ยนแปลงของความกดอากาศสัมพันธ์กับอุณหภูมิ เนื่องจากอุณหภูมิมิผลทำให้ปริมาตรอากาศเพิ่มขึ้นและความหนาแน่นของมวลอากาศลดลง และอากาศเกิดการไหลจากพื้นที่ที่มีมวลอากาศหนาแน่นมากเข้าไปสู่พื้นที่ที่มีมวลอากาศหนาแน่นน้อยด้วยแรงโน้มถ่วงของโลก โดยมีผลทำให้เกิดการถ่ายเทมวล ความร้อนและความชื้น และมีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพของบรรยากาศ

2.1.4 ความชื้นสัมพัทธ์ (relative humidity หรือ RH)

อัตราส่วนระหว่างปริมาณความชื้นที่มีอยู่จริงในอากาศกับปริมาณความชื้นที่อากาศขณะนั้นจะมีได้ ณ อุณหภูมิเดียวกัน ค่าความชื้นสัมพัทธ์แสดงในรูปของร้อยละ(เปอร์เซ็นต์) หรือ เป็นอัตราส่วนของจำนวนไอน้ำที่มีอยู่ในอากาศต่อจำนวนไอน้ำที่อาจมีได้จนอิ่มตัวเต็มที่ในอากาศเดียวกันนั้น ความชื้นสัมพัทธ์จึงกำหนดเป็นเรือนร้อยละ โดยให้จำนวนความชื้นที่อิ่มตัวเต็มที่ เป็น 100 ส่วน

ดังนั้น 100% RH หมายถึง ไอน้ำอิ่มตัว (saturation gas)

0% RH หมายถึง อากาศแห้ง (vapor-free gas)

$$\text{ความชื้นสัมพัทธ์(\%)} = \frac{\text{ปริมาณน้ำที่มีอยู่จริงในอากาศ}}{\text{ปริมาณน้ำที่อากาศนั้นจะมีได้ ณ อุณหภูมิเดียวกัน}} \times 100$$

เครื่องมือที่ใช้วัดความชื้นสัมพัทธ์ เรียกว่า “ไฮโกรมิเตอร์” (hygrometer) ซึ่งมีอยู่หลายหลากชนิด มีทั้งทำด้วยกระดาษเทอร์มอมิเตอร์ และเป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ไฮโกรมิเตอร์ซึ่งสามารถทำได้เองและมีความน่าเชื่อถือเรียกว่า “สลิงไซโครมิเตอร์” (sling psychrometer) ประกอบด้วยเทอร์มอมิเตอร์จำนวน 2 อันอยู่คู่กัน โดยมีเทอร์มอมิเตอร์อันหนึ่งมีผ้าชุบน้ำหุ้มกระดาษไว้ เรียกว่ากระดาษเปียก (wet bulb) ส่วนกระดาษเทอร์มอมิเตอร์อีกอันหนึ่งไม่ได้หุ้มอะไรไว้ เรียกว่า “กระดาษแห้ง” (dry bulb) เมื่อหมุนสลิงไซโครมิเตอร์จับเวลา 3 นาที แล้วอ่านค่าแตกต่างของอุณหภูมิกระดาษทั้งสองบนตารางเปรียบเทียบ ก็จะได้ค่าความชื้นสัมพัทธ์ มีหน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์

จากการศึกษาพบว่า ความชื้นสัมพัทธ์ที่ทำให้รู้สึกสบายอยู่ระหว่าง 35-55 เปอร์เซ็นต์ถ้าอากาศมีความชื้นสัมพัทธ์ต่ำหรือเรียกว่าอากาศแห้ง ความชื้นจะระเหยจากผิวหนังอย่างรวดเร็วทำให้รู้สึกชา โดยที่ความชื้นสัมพัทธ์มีผลที่สำคัญต่อการเปลี่ยนแปลงสิ่งแวดล้อมและตัวแปรทางกายภาพ ถ้าปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ไม่เหมาะสม สูงเกินไปหรือต่ำเกินไป ทำให้รู้สึกไม่สบาย และทำลายอุปกรณ์หรือวัสดุต่างๆ ระดับความชื้นสัมพัทธ์ที่เหมาะสม ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพ

ประเทศไทยมีความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยตลอดปี 72-74 เปอร์เซ็นต์ และลดลงเหลือ 62 ถึง 69 เปอร์เซ็นต์ในช่วงฤดูร้อน ความชื้นที่ภาคต่างๆของประเทศไทย ดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 สถิติความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยของประเทศในช่วงฤดูกาลต่างๆ

ภาค	ความชื้นสัมพัทธ์ (เปอร์เซ็นต์)			
	ฤดูหนาว%	ฤดูร้อน%	ฤดูฝน%	เฉลี่ยตลอดปี%
เหนือ	73	62	81	74
ตะวันออกเฉียงเหนือ	69	65	80	72
กลาง	71	69	79	73
ตะวันออก	71	74	81	76
ใต้ฝั่งตะวันออก	81	77	78	79
ใต้ฝั่งตะวันตก	77	76	84	80

ที่มา: วิไลลักษณ์ (2540)

2.1.5 ฝนและปริมาณน้ำฝน

ปริมาณน้ำฝนเป็นสิ่งสำคัญยิ่งสิ่งหนึ่งในอุตุนิยมวิทยา เพราะน้ำฝนเป็นปัจจัยสำคัญที่เกี่ยวข้องกับการกสิกรรมและอื่นๆ พื้นที่ใดจะอุดมสมบูรณ์และสามารถทำการเพาะปลูกได้ หรือจะเป็นทะเลทรายก็ขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำฝนที่ตกลงมาในบริเวณนั้น เราวัดปริมาณน้ำฝนตามความสูงของจำนวนฝนที่ตกลงมาจากท้องฟ้าโดยให้น้ำฝนตกลงในภาชนะโลหะซึ่งส่วนมากเป็นรูปทรงกระบอก มีเส้นผ่านศูนย์กลางของปากกระบอกเป็นขนาดจำกัด เช่น ปากกระบอกมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 8 นิ้ว หรือประมาณ 20 เซนติเมตร ฝนจะตกผ่านปากกระบอกลงไปตามท่อรวบสู่ภาชนะรองรับน้ำฝนไว้เมื่อเราต้องการทราบปริมาณน้ำฝน เราก็ใช้ไม้บรรทัดหยั่งความลึกของฝน หรืออาจใช้แก้วตวงที่มีมาตราส่วนแบ่งไว้สำหรับอ่านปริมาณน้ำฝน เป็นนิ้วหรือเป็นมิลลิเมตร สำหรับประเทศไทยวันใดที่มีฝนตก ณ แห่งใด หมายความว่ามีความชื้นฝนตก ณ ที่นั้นอย่างน้อย 0.1 มิลลิเมตร ขึ้นไป เพราะฉะนั้นในเดือนที่มีฝนตกโดยมีจำนวนวันเท่ากันก็ไม่จำเป็นจะต้องมีปริมาณน้ำฝนเท่ากัน และ เมื่อทราบความสูงของน้ำฝน ณ ที่ใดแล้ว ก็อาจจะประมาณจำนวนลูกบาศก์เมตรของน้ำฝนได้ถ้าทราบเนื้อที่ของบริเวณที่มีฝนตก

ในการรายงานปริมาณน้ำฝนนั้น จะรายงานว่าฝนตกเล็กน้อย ฝนตกปานกลาง ฝนตกหนัก หรือฝนตกหนักมาก แต่การที่จะตั้งเกณฑ์สากลที่เรียกว่าฝนตกเล็กน้อย หรือตกปานกลางเป็นจำนวนเท่าใดหรือกี่มิลลิเมตรนั้น ไม่อาจจะกระทำได้เพราะเหตุว่าสภาพของฝนแต่ละประเทศนั้นมีปริมาณไม่เหมือนกันการให้ความหมายของปริมาณฝน และให้ความหมายของฝนที่ตกในประเทศแถบโซนร้อนในเขตร้อนชื้นแบ่งเป็นเกณฑ์ดังนี้

การให้ความหมายของปริมาณฝน และให้ความหมายของฝนที่ตกในประเทศแถบโซนร้อนในเขตร้อนชื้นแบ่งเป็นเกณฑ์ดังนี้

- 1) ฝนวัดจำนวนไม่ได้ = ฝนตกมีปริมาณน้อยกว่า 0.1 มิลลิเมตร
- 2) ฝนเล็กน้อย = ฝนตก 0.1 มิลลิเมตร ขึ้นไป แต่ไม่เกิน 10 มิลลิเมตร
- 3) ฝนปานกลาง = ฝนตกปริมาณ 10.1 มิลลิเมตร ถึง 35.0 มิลลิเมตร
- 4) ฝนตกหนัก = ฝนตกปริมาณ 35.1 มิลลิเมตร ถึง 90 มิลลิเมตร
- 5) ฝนตกหนักมาก = ฝนตกตั้งแต่ 90.1 มิลลิเมตรขึ้นไป

เมื่อต้องการวัดปริมาณฝน จะตั้งเครื่องวัดปริมาณฝนไว้ในพื้นที่โล่งแจ้ง และตั้งให้อยู่ในแนวระนาบไม่เอียง เมื่อเวลาผ่านไปครบ 24 ชั่วโมง ก็จะนำน้ำฝนที่รองรับได้ เทใส่กระบอกตวงมาตรฐาน แล้ววางกระบอกตวงในที่รองรับเพื่อให้กระบอกตวงตั้งอยู่ในแนวตั้ง จากนั้นคูชิตสเกลข้างกระบอกตวง ซึ่งตรงกับระดับน้ำฝนแล้วอ่านตัวเลขในหน่วยมิลลิเมตร ซึ่งค่าที่ได้จะมีหน่วยเป็นมิลลิเมตรต่อวันการวัดน้ำฝนเป็นการวัดความแรงหรือความหนาแน่นของฝนมีหน่วยวัดเป็นมิลลิเมตรต่อช่วงเวลา เช่น ซม. วัน

2.2 ความสำคัญของอุตุนิยมวิทยา

อุตุนิยมวิทยามีความสำคัญทั้งในยามปกติ และยามสงคราม ยามปกติมีความสำคัญในทางเศรษฐกิจ การพยากรณ์อากาศให้ทราบล่วงหน้าเพื่อช่วยในการเดินเรือ การบิน การขนส่ง และกิจกรรมต่างๆ ของประชาชนให้ได้รับความปลอดภัยจากลม ฟ้า อากาศ ความสำคัญต่อเกษตรในการเก็บเกี่ยวหรือว่านผลผลิต การเคลื่อนย้ายสัตว์เลี้ยงในฤดูกาลน้ำหลาก ความสำคัญต่อการ

ประกอบอาชีพประมงทางทะเล การเลือกเส้นทางการบินในช่วงแต่ละฤดูกาล หรือสภาพลมฟ้าอากาศที่แตกต่างกันของนักบิน ประชาชนจะมีการทราบลมฟ้าอากาศล่วงหน้าถ้ามีการเตือนล่วงหน้า เช่น การเตรียมร่ม เตรียมเสื้อผ้า หรือเตรียมอุปกรณ์ที่จะป้องกันปัญหาที่เกิดจากลมฟ้าอากาศที่จะเกิดขึ้น

ในภาวะของสงคราม ความสำคัญทางอุตุนิยมวิทยาที่มีต่อยุทธวิธีในการเคลื่อนกำลังพล การเคลื่อนเรือรบจะต้องทราบทิศทางและกำลังของลม ทิศนวิสัย ความยาวของวัน และลักษณะของท้องทะเล เพื่อเลือกยุทธภูมิให้ได้เปรียบ การลาดตระเวนและการโจมตีเมื่ออากาศดี และการหลบหลีกอันตรายได้เมื่อทราบลักษณะสภาพลมฟ้าอากาศ ซึ่งอาจจะส่งผลถึงการเคลื่อนกำลังเข้าการผจญกับภัยธรรมชาติแทนศัตรู ฝนอาจจะมีผลต่อยุทธโศปกรณ์ เป็นต้น

ปัจจุบันงานอุตุนิยมวิทยากำลังดำเนินการศึกษาค้นคว้าอย่างจริงจังทุกประเทศ ทั้งนี้เพราะว่าลมฟ้าอากาศเป็นปัจจัยที่สำคัญยิ่งต่อมวลมนุษยชาติ สำหรับประเทศไทยแล้วการอุตุนิยมวิทยาอยู่ในความรับผิดชอบของกรมอุตุนิยมวิทยา โดยทำหน้าที่ประสานงานกับองค์กรทางอุตุนิยมวิทยาจากประเทศต่างๆ ด้วยการรับภาพถ่ายเมฆจากดาวเทียมเพื่อใช้ประกอบเป็นข้อมูลในการพยากรณ์อากาศอยู่ 2 ระบบ คือจากดาวเทียม NOAA ของสหรัฐอเมริกาและดาวเทียม GMS ของญี่ปุ่น ถ้าติดตามข่าวทางโทรทัศน์หรือวิทยุ จะพบว่ามามีรายงานของสภาพอากาศในแต่ละวัน โดยสาระของข่าวจะรายงานเกี่ยวกับสภาพอากาศ เช่น ฟ้าโปร่ง หรือมีเมฆ ฝนจะตกหรือไม่ ถ้าตกจะมีโอกาสที่จะตกเป็นร้อยละเท่าใด เป็นต้น การรายงานสภาพอากาศดังกล่าวนี้มีประโยชน์มากเพราะทำให้เราสามารถวางแผนการทำงานล่วงหน้าเพื่อหลีกเลี่ยงอุปสรรคจากสภาพของอากาศ

2.3 ฤดูกาลของประเทศไทย

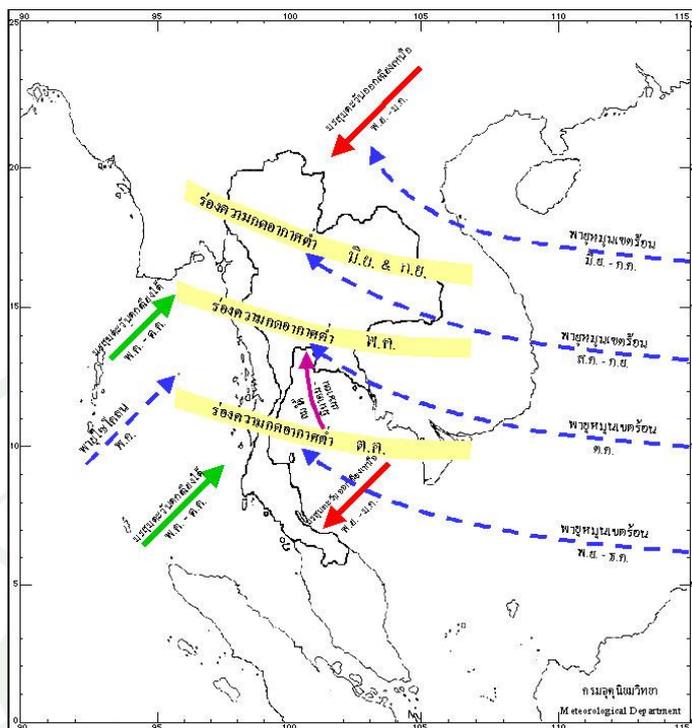
เนื่องจากประเทศไทยตั้งอยู่ในเขตอิทธิพลของมรสุม จึงทำให้ประเทศไทยมีฤดูกาลที่เด่นชัด 2 ฤดู คือ ฤดูฝนกับฤดูแล้ง (Wet and Dry Seasons) สลับกัน และสำหรับฤดูแล้งนั้น ถ้าพิจารณาให้ละเอียดลงไปสามารถแยกออกได้เป็น 2 ฤดู คือ ฤดูร้อนกับฤดูหนาว ดังนั้นฤดูกาลของประเทศไทยสามารถแบ่งได้เป็น 3 ฤดู คือ

2.3.1 ฤดูร้อน เริ่มประมาณกลางเดือนกุมภาพันธ์ถึงประมาณกลางเดือนพฤษภาคม ซึ่งเป็นช่วงที่เปลี่ยนจากมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ เป็นมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ (หรือที่เปลี่ยนจากฤดูหนาวเข้าสู่ฤดูฝน) เป็นระยะที่ขั้วโลกเหนือหันเข้าหาดวงอาทิตย์ โดยเฉพาะในเดือนเมษายน ประเทศไทยจะเป็นประเทศหนึ่งที่ตั้งอยู่ในบริเวณที่ลำแสงของดวงอาทิตย์ จะตั้งฉากกับผิวพื้นโลก ในเวลาเที่ยงวัน ทำให้ได้รับความร้อนจากดวงอาทิตย์อย่างเต็มที่ จึงทำให้สภาวะอากาศร้อนอบอ้าว

โดยทั่วไป ในฤดูนี้แม้ว่าประเทศไทยอากาศจะร้อนและแห้งแล้ง แต่ในบางครั้งอาจมีมวลอากาศเย็นจากประเทศจีนแผ่ลงมาถึงประเทศไทยตอนบนได้ ทำให้เกิดการปะทะกันระหว่างมวลอากาศเย็นที่แผ่ลงมา กับมวลอากาศร้อนที่ปกคลุมอยู่เหนือประเทศไทย ซึ่งก่อให้เกิดพายุฝนฟ้าคะนองและลมกระโชกแรง หรืออาจมีลูกเห็บตกลงมาด้วย ก่อให้เกิดความเสียหายได้ พายุฝนฟ้าคะนองที่เกิดขึ้นในฤดูนี้มักเรียกว่า "พายุฤดูร้อน"

2.3.2 ฤดูฝนเริ่มประมาณกลางเดือนพฤษภาคมถึงประมาณกลางเดือนตุลาคม ฤดูนี้จะเริ่มเมื่อมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ ซึ่งเป็นลมชื้นพัดปกคลุมประเทศไทย ขณะที่ร่องความกดอากาศต่ำ (แนวร่องที่ก่อให้เกิดฝน) พาดผ่านประเทศไทยทำให้มีฝนชุกทั่วไป ร่องความกดอากาศต่ำนี้ปกติจะเริ่มพาดผ่านภาคใต้ในเดือนเมษายน แล้วจึงเลื่อนขึ้นไปพาดผ่านภาคกลางและภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และตะวันออกเฉียงเหนือ ในเดือนพฤษภาคมและมิถุนายนตามลำดับ ประมาณปลายเดือนมิถุนายนจะเลื่อนขึ้นไปพาดผ่านบริเวณประเทศจีนตอนใต้ ทำให้ฝนในประเทศไทยลดลงระยะหนึ่งและเรียกว่าเป็น "ช่วงฝนทิ้ง" ซึ่งอาจนานประมาณ 1 - 2 สัปดาห์ หรือบางปีอาจเกิดขึ้นรุนแรงและมีฝนน้อยนานนับเดือนได้ ประมาณเดือนสิงหาคมถึงพฤศจิกายนร่องความกดอากาศต่ำจะเลื่อนกลับลงมาทางใต้พาดผ่านบริเวณประเทศไทยอีกครั้งหนึ่ง โดยจะพาดผ่านตามลำดับจากภาคเหนือลงไปภาคใต้ ทำให้ช่วงเวลาดังกล่าวประเทศไทยจะมีฝนชุกต่อเนื่อง โดยประเทศไทยตอนบนจะตกชุกช่วงเดือนสิงหาคมถึงกันยายน และภาคใต้จะตกชุกช่วงเดือนตุลาคมถึงพฤศจิกายน ตลอดช่วงเวลาที่มีร่องความกดอากาศต่ำเลื่อนขึ้นลงนี้ ประเทศไทยก็จะได้รับอิทธิพลของมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ ที่พัดปกคลุมอยู่ตลอดเวลา เพียงแต่บางระยะอาจมีกำลังแรง บางระยะอาจมีกำลังอ่อน ขึ้นอยู่กับตำแหน่งของแนวร่องความกดอากาศต่ำ ประมาณกลางเดือนตุลาคมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ ซึ่งเป็นลมหนาวจะเริ่มพัดเข้ามาปกคลุม ประเทศไทยแทนที่มรสุมตะวันตกเฉียงใต้ ซึ่งเป็นสัญญาณว่าได้เริ่มฤดูหนาวของประเทศไทยตอนบน เว้นแต่ทางภาคใต้จะยังคงมีฝนตกชุกต่อไปจนถึงเดือนธันวาคม ทั้งนี้เนื่องจากมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ ที่พัดลงมาจากประเทศจีนจะพัดผ่านทะเลจีนใต้ และอ่าวไทยก่อนลงไปถึงภาคใต้ ซึ่งจะนำความชื้นลงไปด้วย เมื่อถึงภาคใต้ โดยเฉพาะภาคใต้ฝั่งตะวันออกจึงก่อให้เกิดฝนตกชุกดังกล่าวข้างต้น

2.3.3 ฤดูหนาวเริ่มประมาณกลางเดือนตุลาคมถึงประมาณกลางเดือนกุมภาพันธ์ เมื่อมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือเริ่มพัดปกคลุมประเทศไทยประมาณกลางเดือนตุลาคม ซึ่งจะนำความหนาวเย็นมาสู่ประเทศไทย เป็นระยะที่ขั้วโลกใต้หันเข้าหาดวงอาทิตย์ ตำแหน่งลำแสงของดวงอาทิตย์ทำมุมฉากกับผิวพื้นโลกขณะเที่ยงวันจะอยู่ทางซีกโลกใต้ ทำให้ลำแสงที่ตกกระทบกับพื้นในประเทศไทยเป็นลำแสงเฉียงตลอดเวลา



ภาพที่ 3 ตำแหน่งร่องความกดอากาศต่ำ ทิศทางมรสุมและทางเดินพายุหมุนเขตร้อนที่เคลื่อนผ่านประเทศไทย

ที่มา: กรมอุตุนิยมวิทยา (2549)

3. สถิติที่ใช้ในการวิจัย

3.1 Pearson's Correlation

การวิเคราะห์ค่าสหสัมพันธ์เพียร์สันเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร 2 ตัวแปรว่ามีความสัมพันธ์กันหรือไม่ เช่น คนกินมากน่าจะอ้วนมาก คนออกกำลังกายมากน่าจะแข็งแรงมาก เป็นต้นความสัมพันธ์ของตัวแปร 2 ตัว X และ Y อาจจะมีความสัมพันธ์อยู่ในรูปแบบต่างๆ เช่น ความสัมพันธ์ที่มีลักษณะแนวโน้มเป็นเส้นตรง หรือเส้นโค้งพาราโบลา หรือแบบอื่นๆ ก็ได้ แต่ในที่นี้จะกล่าวถึงเฉพาะความสัมพันธ์ที่มีลักษณะแนวโน้มเป็นเส้นตรง ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 แบบ คือ

3.1.1 ความสัมพันธ์เชิงบวก (positive correlation) เป็นความสัมพันธ์ ที่เรียกว่า แปรผันตามกัน กล่าวคือ ถ้า X มีค่ามากขึ้น ค่าของ Y ก็จะมีแนวโน้มมากขึ้นด้วย แต่ถ้า X มีค่าน้อยลง ค่าของ Y ก็จะมีแนวโน้มน้อยลงด้วย

3.1.2 ความสัมพันธ์เชิงลบ (negative correlation) เป็นความสัมพันธ์ ที่เรียกว่า แปรผันกลับกัน หรือแปรผกผัน กล่าวคือ ถ้า X มีค่ามากขึ้น ค่าของ Y ก็จะมีแนวโน้มลดลง แต่ถ้า X มีค่าน้อยลง ค่าของ Y ก็จะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นด้วย

Pearson's Correlation เป็นการหาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร 2 ตัวที่อยู่ในมาตราการวัดระดับ Interval หรือ Ratio Scale ค่าที่ได้เรียกว่า "สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์" โดยปกติจะมีค่าอยู่ระหว่าง -1.00 ถึง 1.00

การบอกระดับหรือขนาดของความสัมพันธ์ จะใช้ตัวเลขของค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ หากค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์มีค่าเข้าใกล้ -1 หรือ 1 แสดงถึงการมีความสัมพันธ์กันในระดับสูง แต่หากมีค่าเข้าใกล้ 0 แสดงถึงการมีความสัมพันธ์กันในระดับน้อย หรือไม่มีเลย สำหรับการพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ โดยทั่วไปอาจใช้เกณฑ์ดังนี้

0.90 - 1.00	มีความสัมพันธ์กันสูงมาก
0.70 - 0.90	มีความสัมพันธ์กันในระดับสูง
0.50 - 0.70	มีความสัมพันธ์กันในระดับปานกลาง
0.30 - 0.50	มีความสัมพันธ์กันในระดับต่ำ
0.00 - 0.29	มีความสัมพันธ์กันในระดับต่ำมาก

เครื่องหมาย +,- หน้าตัวเลขสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ จะบอกถึงทิศทางของความสัมพันธ์ โดยที่ถ้า

- r มีเครื่องหมาย + หมายถึง การมีความสัมพันธ์กันไปในทิศทางเดียวกัน (ตัวแปรหนึ่งมีค่าสูง อีกตัวหนึ่งจะมีค่าสูงไปด้วย)
- r มีเครื่องหมาย - หมายถึง การมีความสัมพันธ์กันไปในทิศทางตรงกันข้าม (ตัวแปรหนึ่งมีค่าสูง ตัวแปรอีกตัวหนึ่งจะมีค่าต่ำ)

3.1.3 ตัวอย่างสำหรับการตรวจสอบความสัมพันธ์

ศิริชัย (2556) สมมติว่าผู้วิจัยต้องการทราบว่า ยอดขายของห้างสรรพสินค้าจะมีความสัมพันธ์กับสิ่งใดบ้างจึงเก็บข้อมูลต่างๆ ของห้างที่สนใจในรอบ 1 ปี ได้ข้อมูลสมมติ ดังนี้

ตารางที่ 6 ยอดขายของห้างสรรพสินค้า

เดือน	ยอดขาย (ล้านบาท)	ปริมาณผู้เข้าห้าง (ล้านคน)	ค่าสาธารณูปโภค (แสนบาท)	ค่าการส่งเสริมโฆษณา (แสนบาท)
ม.ค.	5.7	60	3	2
ก.พ.	3.0	55	1	5
มี.ค.	7.2	70	4	3
เม.ย.	5.8	48	2	3
พ.ค.	8.9	60	5	1
มิ.ย.	6.3	37	3	3
ก.ค.	7.3	40	4	6
ส.ค.	8.4	60	5	3
ก.ย.	7.5	30	3	2
ต.ค.	4.8	33	2	2
พ.ย.	1.5	50	1	5
ธ.ค.	7.8	59	4	2

การใช้โปรแกรม Statistical Package for the Social Sciences (SPSS) เพื่อตรวจสอบว่ายอดขายของห้างสรรพสินค้าจะมีความสัมพันธ์กับตัวแปรใดบ้าง โดยการหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เชิงเส้นตรงด้วยวิธีของเพียร์สัน โดยการกำหนดตัวแปร ดังนี้

Month	แทนเดือนที่มีค่าที่เป็นไปได้ คือ 01 แทน ม.ค. 02 แทน ก.พ.... และ 12 แทน ธ.ค.
Sales	แทนยอดขายในแต่ละเดือน หน่วยเป็นล้านบาท
Man	แทนปริมาณผู้เข้าห้างในแต่ละเดือน
Exp1	แทนค่าใช้จ่ายสาธารณูปโภคในแต่ละเดือน หน่วยเป็นแสนบาท

Exp2 แทนค่าใช้จ่ายในการส่งเสริมโฆษณาในแต่ละเดือน หน่วยเป็น
แสนบาท

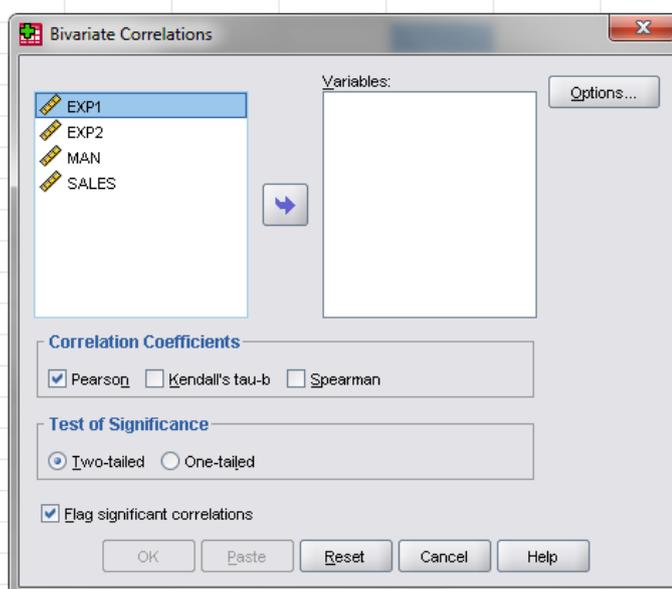
ตารางที่ 7 การกำหนดตัวแปรเพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เชิงเส้นตรงด้วยวิธีของเพียร์สัน

month	sales	man	Exp1	Exp2	การบันทึกข้อมูลบันทึก ในรูปแบบดังนี้
ม.ค.	5.7	60	3	2	ข้อมูลได้บันทึกไว้ใน ไฟล์ชื่อ Data 18b.SAV
ก.พ.	3.0	55	1	5	
มี.ค.	7.2	70	4	3	
เม.ย.	5.8	48	2	3	
พ.ค.	8.9	60	5	1	
มิ.ย.	6.3	37	3	3	
ก.ค.	7.3	40	4	6	
ส.ค.	8.4	60	5	3	
ก.ย.	7.5	30	3	2	
ต.ค.	4.8	33	2	2	
พ.ย.	1.5	50	1	5	
ธ.ค.	7.8	59	4	2	

การเรียกเมนูของโปรแกรม SPSS สำหรับวินโดว์ เพื่อตรวจสอบว่า ตัวแปร sales มีความสัมพันธ์กับตัวแปรใดบ้าง โดยการหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เชิงเส้นตรงด้วยวิธีของเพียร์สัน โดยสมมติว่าข้อมูลถูกเรียกเข้ามาใน โปรแกรม SPSS แล้วจึงเลือกดำเนินการ ดังนี้

ขั้นที่ 1 เลือกเมนูและคำสั่งตามลำดับ ดังนี้

Analyze → Correlate → Bivariate จะปรากฏวินโดว์ของ Bivariate
Correlations ดังนี้



ขั้นที่ 2 เลือกตัวแปรทั้งหมดมาไว้ที่บ็อกซ์ของ Variable (s)

ขั้นที่ 3 เลือกค่าสถิติที่ปุ่ม ในส่วนของ Correlation Coefficients ตามที่ต้องการ (ปกติโปรแกรมเลือกวิธีของ Pearson ไว้ให้)

ขั้นที่ 4 เลือกที่จะทดสอบแบบทางเดียว หรือ 2 ทางในส่วนของ Test of Significance (ปกติโปรแกรมเลือกแบบ 2 ทาง Two-tailed ไว้ให้ ถ้าต้องการค่าสถิติของแต่ละตัวแปรให้คลิกที่ปุ่ม Options

ขั้นที่ 5 คลิกปุ่ม ok จะปรากฏผลลัพธ์ในวินโดว์ Output ดังนี้

ตารางที่ 8 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ระหว่างปัจจัยต่างๆ กับยอดขายสินค้า

		EXP1	EXP2	MAN	SALES
EXP1	Pearson Correlation	1.00	-0.398	0.353	0.932**
	Sig. (2-tailed)		0.200	0.261	0.000
	N	12	12	12	12
EXP2	Pearson Correlation	-0.398	1.00	-0.106	-0.518
	Sig. (2-tailed)	0.20		0.744	0.084
	N	12	12	12	12
MAN	Pearson Correlation	0.353	-0.106	1.00	0.159
	Sig. (2-tailed)	0.261	0.744		0.622
	N	12	12	12	12

ตารางที่ 8 (ต่อ)

	EXP1	EXP2	MAN	SALES
SALES Pearson Correlation	0.932**	-0.518	0.159	1
Sig. (2-tailed)	0.000	0.084	0.622	
N	12	12	12	12

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

3.1.4 ความหมายของผลลัพธ์ที่ได้จากโปรแกรม SPSS

ในผลลัพธ์ที่ได้แสดงค่าสหสัมพันธ์ของเพียร์สันระหว่างตัวแปรต่างๆ ของทุกตัวแปร โดยแสดงค่าที่เกี่ยวข้อง 3 ค่าตัวอย่างในผลลัพธ์หมายเลข 1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Sales กับ man ในความหมาย ดังนี้

0.159 คือ ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สันระหว่างตัวแปร sales กับ man
 0.622 คือ ค่าความน่าจะเป็นที่ใช้ในการทดสอบสมมติฐานเกี่ยวกับความสัมพันธ์
 12 คือ จำนวนชุดข้อมูลที่นำมาใช้ในการวิเคราะห์

ผลที่ได้แปลความหมายได้ว่า ปริมาณผู้เข้าห้างมีความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกันกับยอดขายกล่าวคือ ถ้ามีผู้เข้าห้างมากขึ้นจะมีผลทำให้ยอดขายสูงขึ้น แต่การพิจารณาเฉพาะค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์อาจนำไปสรุปความสัมพันธ์ของประชากรไม่ชัดเจนนักจึงต้องทำการทดสอบโดย กำหนดสมมติฐานทางสถิติ ดังนี้ (แสดงตัวอย่างเฉพาะตัวแปรที่แทนปริมาณ และยอดขาย)

H_0 : ปริมาณผู้เข้าห้างไม่มีความสัมพันธ์กับยอดขาย หรือ $\rho = 0$

H_1 : ปริมาณผู้เข้าห้างมีความสัมพันธ์กับยอดขาย $\rho \neq 0$

โดยผู้ทดสอบจะต้องกำหนดระดับนัยสำคัญ (α) ก่อนแล้วจึงดำเนินการตัดสินใจว่าจะยอมรับ หรือปฏิเสธสมมติฐาน H_0 โดยพิจารณาค่าความน่าจะเป็นในบรรทัดที่ 2 ที่ได้จากโปรแกรม ดังนี้

เนื่องจาก	ค่าความน่าจะเป็นสำหรับทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณผู้เข้าห้างกับยอดขายที่โปรแกรมคำนวณมาให้คือ 0.622 ซึ่งมีค่ามากกว่า ค่า α ที่ผู้ทดสอบกำหนดคือ 0.05
ดังนั้นจึงตัดสินใจ	ยอมรับสมมติฐาน H_0
และสรุปผลได้ว่า	ปริมาณผู้เข้าห้างไม่มีความสัมพันธ์กับยอดขายที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

4. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

กฤษดา (2547) ศึกษาความสัมพันธ์ของความเข้มข้นฝุ่นละอองกับข้อมูลสภาพอากาศรายวันจากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์โดยค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของ Pearson แยกทดสอบตามประเภทของยานพาหนะ สำหรับรถโดยสารขนาดเล็กพบว่าไม่มีปัจจัยใดที่มีความสัมพันธ์ต่อระดับฝุ่นรวมและปริมาณฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอนที่ตรวจวัดได้ ยกเว้นในรถประจำทางที่พบความสัมพันธ์เพียง 1 คู่ ได้แก่ ปริมาณฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน ที่ตรวจวัดโดยกรมควบคุมมลพิษมีความสัมพันธ์ต่อระดับฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน ในรถประจำทางปรับอากาศอย่างมีนัยสำคัญโดยมีค่า $r=0.969$ ทั้งนี้การที่ผลการศึกษาลูกส่วนใหญ่ไม่พบความสัมพันธ์นั้นน่าจะมีผลมาจากจุดตรวจวัดสภาพอากาศอยู่ห่างจากเส้นทางวิ่งของรถประจำทางและรถโดยสารขนาดเล็กที่ศึกษารวมถึงจำนวนตัวอย่างความเข้มข้นของฝุ่นละอองในห้องโดยสารของยานพาหนะมีน้อยเกินไป

ธิดารัตน์ (2550) ศึกษาผลของอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ที่มีต่อความเข้มข้นมลสารต่างๆ ในบรรยากาศ พบว่าความเข้มข้นเฉลี่ยของมลสารต่างๆ มีแนวโน้มแปรผันแบบผกผันกับอุณหภูมิ เนื่องจากได้รับอิทธิพลจากความกดอากาศ กล่าวคือ ในช่วงที่มีอุณหภูมิสูงจะมีความกดอากาศต่ำ ซึ่งเมื่อบรรยากาศมีความกดอากาศต่ำจะทำให้มวลอากาศเบา ส่งผลให้ระดับความสูงผสม (Mixing Height) ของบรรยากาศสูงทำให้มลพิษกระจายตัวในบรรยากาศได้ดี ในขณะที่อุณหภูมิต่ำความกดอากาศจะมีค่าสูง ทำให้มวลอากาศหนักกดลงส่งผลให้ระดับความสูงผสมของบรรยากาศต่ำ

ก่อให้เกิดการสะสมของมลพิษในระดับสูง ดังนั้นจึงพบว่ามลสารต่างๆ จะมีความเข้มข้นสูงในช่วงที่มีอุณหภูมิต่ำ

วงศ์พันธ์ และคณะ (2543) กล่าวว่า อุณหภูมิของบรรยากาศควบคุมการกระจายตัวของสารมลพิษตามปกติอากาศจะเย็นลงเป็นลำดับตามความสูง ลักษณะเช่นนี้มักเกิดขึ้นในเวลากลางวันเมื่อแสงแดดส่องถึงพื้นดิน และช่วยพาสารมลพิษลอยขึ้นสูง ส่วนในเวลากลางคืนจวบจนรุ่งสางก่อนพระอาทิตย์ขึ้น พื้นดินจะแผ่รังสีความร้อนที่สะสมไว้ บรรยากาศใกล้พื้นจึงเย็นลงกว่าอากาศข้างบน ลักษณะความผกผันของอุณหภูมิ (Inversion) นี้ นอกจากไม่ช่วยให้สารมลพิษกระจายตัวขึ้นสูงแล้วยังกลับเก็บกักไว้กับที่ หรือคดให้ลอยต่ำลง

คณัย (2530) ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของ O_3 , Non-Methane Hydrocarbons; NMHC และ NO_x กับการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์ในกรุงเทพมหานครพบว่าความเข้มข้นของ O_3 มีค่าสูงสุดในเวลาที่ขั้ววันและตรวจวัดไม่พบในเวลากลางคืน ซึ่งความเข้มข้นของ O_3 มีความสัมพันธ์กับความเข้มแสงอุลตราไวโอเลตที่มีค่าสหสัมพันธ์ 0.912 ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ .001 ความเข้มข้นของ NMHC มีความเข้มข้นสูงสุดเฉลี่ยในเวลา 3 ชั่วโมงในแต่ละวัน คือ ช่วงเวลา 06.00 – 09.00 นาฬิกา ความเข้มข้นมีค่าระหว่าง 0.33 – 0.60 ppm ซึ่งเกินมาตรฐานของสหรัฐอเมริกาที่กำหนดไว้ แม้ว่าความเข้มข้นของ NMHC จะมีค่าสูง แต่ความเข้มข้นของ O_3 ที่ตรวจพบยังมีค่าต่ำกว่ามาตรฐาน และจากข้อมูล NO_x จะพบว่า NO มีความเข้มข้นสูงในเวลาเช้าและต่ำสุดในเวลากลางวัน เนื่องจากไอเสียรถยนต์ทำให้มีค่าสูงในเวลาเช้า และปฏิกิริยาโฟโตเคมีคอล ทำให้มีค่าต่ำในตอนเที่ยงวัน เพราะ NO เปลี่ยนเป็นสารอื่น ส่วน NO_2 มีระดับความเข้มข้นต่ำจนตรวจวัดไม่พบ ซึ่งเท่ากับการเกิดโดยธรรมชาติ และมีค่าต่ำกว่ามาตรฐานมาก

Chan and Work (2000) ศึกษาการกระจายตัวของอนุภาคในอากาศตามระดับความสูงในฮ่องกง โดยเลือกสถานที่เก็บตัวอย่าง 4 อาคารซึ่งตั้งอยู่บนถนนที่มีโครงสร้างและสิ่งแวดล้อมแตกต่างกัน นอกจากนี้ยังแบ่งโครงสร้างถนนออกเป็น 2 กลุ่ม คือ ถนนที่มีอาคารสูงปิดทึบทั้ง 2 ฝั่ง (street canyon) และถนนเปิดโล่ง (open street) ผลการศึกษาพบว่า บริเวณถนนที่มีอาคารปิดทึบความเข้มข้นจะลดลงตามความสูงข้างเป็นผลจากอนุภาคที่มีขนาดใหญ่จะตกลงเนื่องจากแรงโน้มถ่วง และอนุภาคที่มีขนาดเล็กจะกระจายออกไปมากกว่า การแพร่กระจายอนุภาคบริเวณถนนที่มีอาคารปิดทึบขึ้นอยู่กับทิศทางลมบริเวณนั้นๆ และ โครงสร้างของถนน ส่วนบริเวณถนนเปิดโล่งความเข้มข้นในแนวระดับขึ้นอยู่กับ vertical mixing, local distribution และปัจจัยภายนอก เช่น ลมทะเล เป็นต้น

Costabile and Allegrini (2007) ศึกษาความเข้มข้นของ NO_x และ O_3 ในเขตเมือง Suzhou ประเทศจีน โดยทำการศึกษา 1 ตำบล โดยพื้นที่ที่ศึกษาเป็นบริเวณ street canyon ซึ่งทำการศึกษามีระดับความสูงแตกต่างกัน 2 ระดับ คือระดับพื้นบริเวณสนาม และที่ระดับความสูงจากหลังคา 25 เมตร พบว่าความเข้มข้นของ O_3 ที่ระดับพื้นสนามที่มีค่าน้อยกว่าบริเวณหลังคาแต่ความเข้มข้นของ NO_x ที่ระดับพื้นสนามมีค่าสูงกว่าบริเวณหลังคา เนื่องจากพบว่า ในบริเวณพื้นสนามมีการเปลี่ยนรูปของ NO เป็น NO_2 ซึ่งอาจเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดการทำลาย O_3 ในบริเวณนั้น ทำให้ปริมาณ O_3 บริเวณนั้นเกิดขึ้นได้น้อยกว่าบริเวณหลังคา นอกจากนี้ยังพบว่าปฏิกิริยาโฟโต้เคมีคัลในบริเวณหลังคาเกิดขึ้นได้ดีกว่าบริเวณพื้นสนาม ซึ่งปริมาณความเข้มข้นของมลสารทั้ง 2 ระดับความสูง จะขึ้นกับการปล่อยมลสารในแต่ละระดับ กระบวนการเกิดปฏิกิริยาเคมี และการเคลื่อนที่ของลม ซึ่งล้วนแต่มีผลต่อระดับความเข้มข้นของมลสารทั้งสิ้น

Yin *et al.* (2005) ศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตรในประเทศไอซ์แลนด์ โดยทำการตรวจวัดในบริเวณพื้นที่ถนนที่มีการจราจรหนาแน่น ที่พักอาศัยและพาณิชย์กรรม ชายฝั่งทะเล เกษตรกรรม และพื้นที่อ้างอิง จากการศึกษาพบว่าความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร มีค่าสูงในช่วงฤดูหนาวและพบองค์ประกอบของโซเดียม ไอออนและคลอไรด์ไอออน ในฝุ่นหยาบ(ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร) ซึ่งมีค่าสูงในบริเวณพื้นที่ชายฝั่งทะเล ส่วนอนุภาคฝุ่นละเอียด (ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมโครเมตร) จะประกอบด้วยองค์ประกอบของโพแทสเซียม ซึ่งพบในบริเวณเขตเมืองเป็นตัวบ่งชี้ว่าถูกปลดปล่อยมาจากกระบวนการเผาไหม้ บริเวณถนนในเขตเมืองจะพบแคลเซียมซึ่งเป็นองค์ประกอบของฝุ่นละอองที่เกิดจากการฟุ้งกระจายขึ้นอีกครั้งของฝุ่นถนน โดยแคลเซียมเป็นองค์ประกอบที่มีอยู่ในยิปซัมที่ใช้สร้างถนนและอาคาร นอกจากนี้ยังพบองค์ประกอบของธาตุคาร์บอน ชัลเฟต และไนเตรท ในฝุ่นละอองบริเวณพื้นที่ถนนอีกด้วย ในขณะที่บริเวณพื้นที่เกษตรกรรมและชายฝั่งทะเล จะพบว่าฝุ่นละอองมีองค์ประกอบของสารอนินทรีย์ทุติยภูมิซึ่งประกอบด้วย แอมโมเนีย ไนเตรท และแอมโมเนียชัลเฟต

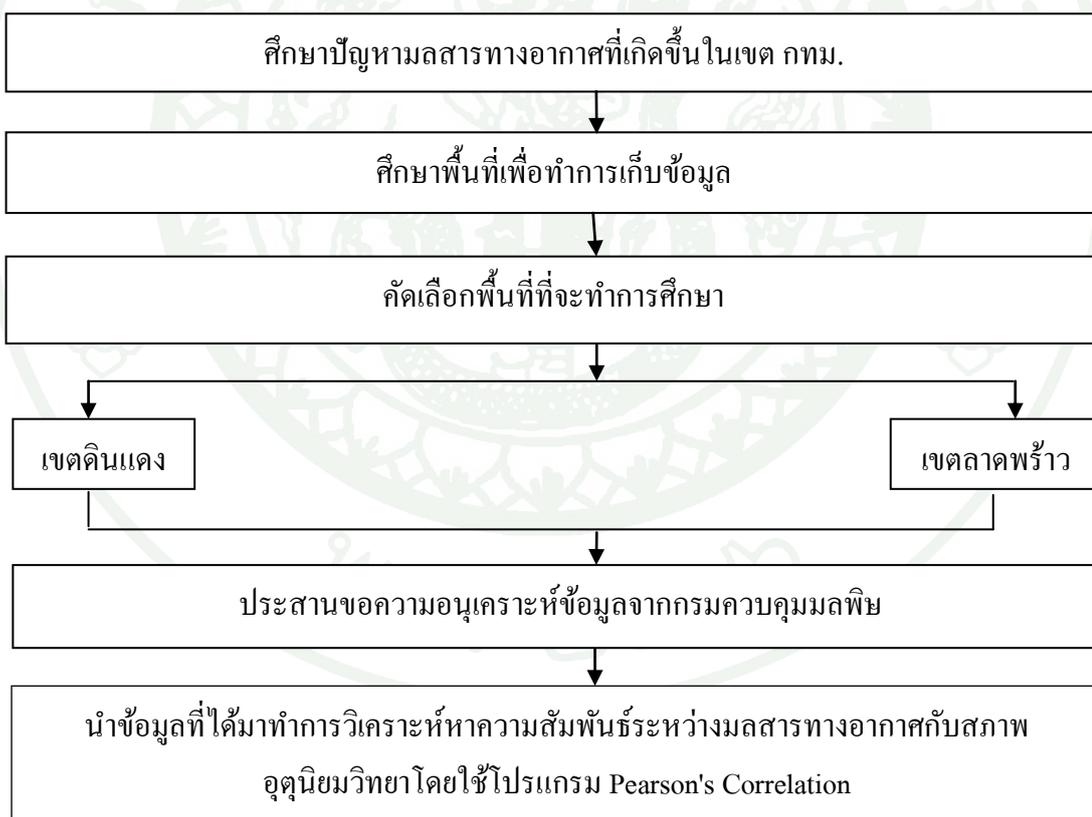
Adam (2001) ศึกษาความสัมพันธ์ของความเข้มข้นของฝุ่น $\text{PM}_{2.5}$ ในฤดูหนาว และฤดูร้อนของยานพาหนะ 4 ประเภท ได้แก่ รถประจำทาง รถยนต์ส่วนบุคคล รถไฟใต้ดิน และรถจักรยาน พบว่าความเร็วลมมีผลต่อความเข้มข้นของ $\text{PM}_{2.5}$ ที่ตรวจวัดและพบปัจจัยอื่นๆ อีก เช่น อุณหภูมิมีผลต่อความเข้มข้นของ $\text{PM}_{2.5}$ ในคนจี้จักรยานเท่านั้น ไม่รวมถึงยานพาหนะประเภทอื่นๆ

อุปกรณ์และวิธีการ

1. สมมติฐาน

ในเขตเมือง (ดินแดงและลาดพร้าว) ที่มีแหล่งกำเนิดมลสารทางอากาศทั้งแบบเคลื่อนที่ได้ และแบบเคลื่อนที่ไม่ได้กระจายทั่วพื้นที่ ระดับมลสารต่างๆ ภายในเขตเมืองจะมีความสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน ซึ่งสามารถนำความสัมพันธ์มาประยุกต์ใช้กับโปรแกรมสหสัมพันธ์ของเพียร์สัน (Pearson's Correlation) เพื่อทำนายมลสารต่างๆ ภายในเขตเมืองเพื่อประยุกต์ใช้ในการติดตาม ตรวจสอบและการเฝ้าระวังระดับมลสารในเขตเมืองได้

2. กรอบแนวคิดการวิจัย



3. อุปกรณ์

เครื่องมือตรวจวัดชุดอุตุนิยมวิทยา ประกอบด้วยชุดตรวจวัดทิศทางลม ความเร็วลม ชุดตรวจวัดอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ชุดตรวจวัดรังสีที่ส่องมายังโลก ชุดตรวจวัดความดันบรรยากาศ และชุดตรวจวัดปริมาณน้ำฝน ณ สถานีตรวจวัดอากาศที่มีการติดตั้งไว้แล้วดังแสดงในภาพที่ 4-7



ภาพที่ 4 เครื่องมือตรวจวัดทางอุตุนิยมวิทยา



ภาพที่ 5 อุปกรณ์ตรวจวัดความเร็วลม ทิศทางลม



ภาพที่ 6 อุปกรณ์ตรวจวัดอุณหภูมิ



ภาพที่ 7 อุปกรณ์ตรวจวัดปริมาณน้ำฝน



(ก)



(ข)



(ค)



(ง)

ภาพที่ 8 เครื่องตรวจวัดมลสารทางอากาศ (ก) Photometric O₃ Analyzer (ข) เครื่อง Chemiluminescent NO_x Analyzer (ค) เครื่อง Gas Filter Correlation CO Analyzer (ง) เครื่อง Fluorescent SO₂ Analyzer



ภาพที่ 9 ภายในสถานีตรวจวัด



ภาพที่ 10 อุปกรณ์ TEOM ตรวจวัด PM₁₀

4. วิธีการ

4.1 ศึกษาเครื่องมือและหลักการตรวจวัด

4.1.1 เครื่องมือตรวจวัดมลสารทางอากาศ ประกอบด้วย

1) UV Adsorption SO_2 Analyzer และ UV Adsorption O_3 Analyzer เป็นเครื่องมืออัตโนมัติซึ่งตรวจวัดความเข้มข้นของ SO_2 และ O_3 ในบรรยากาศด้วยแสงอัลตราไวโอเล็ต เมื่อ SO_2 และ O_3 ถูกกระตุ้น จะมีพลังงานเพิ่มขึ้นในสภาพ excited state แล้วจะกลับสู่ ground state อย่างรวดเร็วพร้อมกับคายพลังงานแสงออกมาอีกช่วงความถี่หนึ่ง แสงนั้นเรียกว่า ฟลูออเรสเซนซ์ แล้วจึงใช้ Photomultiplier tube ตรวจวัดและแปลงสัญญาณเป็นความเข้มข้น

2) Chemiluminescence $\text{NO}/\text{NO}_2/\text{NO}_x$ Analyzer เป็นเครื่องมืออัตโนมัติซึ่งตรวจวัดความเข้มข้นของ $\text{NO}/\text{NO}_2/\text{NO}_x$ ในบรรยากาศโดยหลักการ Chemiluminescence ซึ่งสามารถตรวจวัดความเข้มข้นของ NO_2 ในบรรยากาศได้โดยทางอ้อมด้วยวิธีการตรวจวัดความเข้มของแสงหรือเทียบแสง (Photometry) โดยตรวจวัดความเข้มของแสงที่ความยาวคลื่นมากกว่า 600 นาโนเมตร ซึ่งเป็นผลมาจากปฏิกิริยาเคมีเรืองแสง (Chemiluminescence) ระหว่าง NO กับ O_3 โดยในขั้นตอนแรก Converter จะเปลี่ยน NO_2 เป็น NO จากนั้น NO ที่มีอยู่ทั่วไปในอากาศร่วมกับ NO จะผ่าน Converter โดยไม่มีการเปลี่ยนแปลงใดๆ ทำให้ความเข้มข้นทั้งหมดที่เกิดของ NO_x เท่ากับผลรวมของ NO กับ NO_2 หรือ $(\text{NO}+\text{NO}_2)$ โดยตัวอย่างอากาศที่ผ่านเข้ามาจะถูกวัดเช่นกันโดยไม่ผ่าน Converter ซึ่งผลการตรวจของ NO ประการหลังนี้จะถูกลบออกจากผลรวมของ $\text{NO}+\text{NO}_2$ ก่อนหน้านั้น ผลที่ได้จะเป็นค่าการตรวจวัดสุดท้ายของ NO_2 ทั้งนี้อาจตรวจวัดทั้ง NO และ $\text{NO}+\text{NO}_2$ ได้พร้อมๆ กันรวมด้วย หรือด้วยระบบเดียวกันแต่ตรวจวัดเป็นรอบ แต่ทั้งนี้รอบเวลาจะต้องไม่เกิน 1 นาที

3) Gas Filter Correlation CO Analyzer เป็นเครื่องมืออัตโนมัติซึ่งตรวจวัดความเข้มข้นของคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) โดยใช้หลักการ Non-dispersive Infrared รังสีอินฟราเรด (Infrared radiation) จะถูกดูดกลืนด้วยสารต่างชนิดได้ไม่เท่ากัน และจะดูดกลืนรังสีอินฟราเรดที่ความยาวคลื่นต่างกันเช่น CO_2 จะดูดกลืนรังสีอินฟราเรดที่ความยาวคลื่น 4 ถึง 4.5 ไมครอน และ CO จะดูดกลืนรังสีอินฟราเรดที่ความยาวคลื่น 4.5 ถึง 5 ไมครอน การตรวจวัดทำการดูดแก๊สที่

ต้องการวัดผ่านเข้าไปในหลอด ซึ่งฉายแสง IR ตลอดเวลา ถ้าแก๊สมี CO อยู่ จะทำการดูดกลืนรังสี IR ซึ่งรังสี IR สุดท้ายจะลดลงแปรตามปริมาณของ CO

4) TEOM (Tapered Element Oscillating Microbalance) เป็นเครื่องมือเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองแบบ low volume air Sampler โดยที่กระดาศกรองจะถูกติดอยู่ที่ปลายของ tapered quartz tube ซึ่งจะทำหน้าที่เหมือนส้อมเสียง ซึ่งมีความไวกับการเปลี่ยนแปลงของความถี่ในการสั่นตามน้ำหนักของฝุ่นที่ตกลงบนกระดาศกรอง

4.2 ศึกษาพื้นที่โดยรอบสถานีตรวจวัดสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศลาดพร้าวและสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศดินแดง

4.3 ขอความอนุเคราะห์ข้อมูลความเข้มข้นของมลสารทางอากาศ ได้แก่ SO₂, NO₂, CO, O₃ และ PM₁₀ รวมทั้งข้อมูลทางอุตุนิยมวิทยา ได้แก่ ความเร็วลม (Windspeed) อุณหภูมิ (Temp) ความชื้นสัมพัทธ์ (Relhum) ความดันบรรยากาศ (Pressure) และปริมาณน้ำฝน (Rain) ของทั้ง 2 สถานี ที่ทำการตรวจวัดจากกรมควบคุมมลพิษ โดยใช้ข้อมูลระหว่างปี พ.ศ. 2553-2556

4.4 นำค่าที่ตรวจวัดได้มาประมวล วิเคราะห์แปรผลโดยใช้โปรแกรมสถิติสหสัมพันธ์เพียร์สัน (Pearson's Correlation) เพื่อพิจารณาถึงทิศทางของความสัมพันธ์ (Direction of the Relationship) ลักษณะความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร มี 3 แบบ คือ

1) สหสัมพันธ์ทางบวก (Positive Correlations) หมายถึงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรสองตัวที่พิจารณาแปรผันโดยตรงซึ่งกันและกัน

2) สหสัมพันธ์ทางลบ (Negative Correlations) หมายถึงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรสองตัวที่พิจารณาแปรผกผันซึ่งกันและกัน

3) สหสัมพันธ์เป็นศูนย์ (Zero Correlations) หมายถึงตัวแปรสองตัวที่พิจารณาไม่มีความสัมพันธ์กัน

4.5 นำข้อมูลทิศทางของความสัมพันธ์ที่ได้มาวิเคราะห์ถึงปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยาที่มีผลต่อมลสารในอากาศของแต่ละสถานี

5. สถานที่ทำการทดลอง

สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศในบรรยากาศในเขตลาดพร้าว และเขตดินแดง จำนวน 2 สถานี ในเขตพื้นที่กรุงเทพมหานคร ระยะเวลาที่ทำการศึกษาดทดลอง คือตั้งแต่เดือนตุลาคม พ.ศ. 2556 ถึง เดือนมกราคม พ.ศ.2557

5.1. สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศในบรรยากาศในเขตลาดพร้าว (สถานีตำรวจนครบาล โชคชัย)

สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศในบรรยากาศในเขตลาดพร้าว ตั้งอยู่บริเวณริมรั้วสถานี ตำรวจนครบาล โชคชัย ถนนลาดพร้าว ซึ่งบริเวณสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศจะมีต้นไม้ใหญ่ปกคลุม และด้านหลังประมาณ 20 เมตรมีแพลตฟอร์มตั้งอยู่ และหลังแพลตฟอร์มมีคอนกรีตขนาดใหญ่ ตั้งขนานอยู่ ดังภาพที่ 11-13



ภาพที่ 11 ต้นไม้ใหญ่ปกคลุมบริเวณสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศในเขตลาดพร้าว



ภาพที่ 12 อาคารแฟลตตำรวจตั้งอยู่ด้านหลังด้านหลังสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศ
เขตลาดพร้าว



ภาพที่ 13 คอนโดขนาดใหญ่หลังอาคารแฟลตตำรวจที่ตั้งอยู่ด้านหลังสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศ
เขตลาดพร้าว

5.2 สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศในบรรยากาศในเขตดินแดง (เกาะชุมชนดินแดง)

สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศในบรรยากาศดินแดง (เกาะชุมชนดินแดง) ตั้งอยู่บริเวณหน้าอาคาร 3 ริมรั้วเกาะชุมชนดินแดง ถนนดินแดง ตรงข้ามกับโรงเรียนพิบูลประชาสรรค์ ซึ่งเป็นถนนอีกเส้นหนึ่งในกรุงเทพมหานครที่มีการจราจรหนาแน่นมาก บริเวณสถานี

ตรวจวัดคุณภาพอากาศจะมีต้นไม้อุปกรณ์และขนานอยู่ทั้ง 2 ข้าง และด้านหลังเป็นอาคารแฟลตดินแดง ตั้งขนานอยู่เป็นแนวยาวดังภาพที่ 14-15



ภาพที่ 14 ต้นไม้ใหญ่อุปกรณ์ และขนานอยู่ทั้งสองข้างของสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศเขตดินแดง



ภาพที่ 15 บริเวณที่ตั้งสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศเขตดินแดง

ตารางที่ 9 แผนการวิจัย

แผนการวิจัย	พ.ศ.2556		พ.ศ.2557							
	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.
1. ศึกษาข้อมูลทั่วไป	←————→									
2. วางแผนการเก็บข้อมูล	←————→									
3. ประสานขอความ อนุเคราะห์ ข้อมูลจาก หน่วยงานที่เกี่ยวข้อง	←————→									
4. นำข้อมูลมาประมวลผล	←————→									
5. วิเคราะห์ข้อมูล	←————→									
6. เขียนรายงานวิจัย	←————→									
7. ส่งรายงานวิจัย	←————→									

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทราบปริมาณมลสารทางอากาศของทั้ง 2 พื้นที่ และรู้ทันสถานการณ์ของมลสารทางอากาศที่เกิดขึ้น เพื่อเฝ้าระวังระดับมลสารที่จะเกิดขึ้นในอนาคต
2. ทราบถึงความสัมพันธ์ระหว่างสภาพอุตุนิยมวิทยากับมลสารต่างๆ ที่เกิดขึ้น
3. เพื่อเป็นแนวทางในการเฝ้าระวังและหาวิธีป้องกัน มลสารที่จะเกิดขึ้นในอนาคต

ผลและวิจารณ์

1. ความแปรผันของปริมาณมลสารทางอากาศ

ความแปรผันของปริมาณมลสารทางอากาศที่ทำการศึกษานั้น แบ่งออกเป็น 2 พื้นที่ ได้แก่ เขตดินแดง และเขตลาดพร้าว ซึ่งแต่ละพื้นที่ทำการศึกษามลสารทางอากาศทั้งหมด 5 พารามิเตอร์ ได้แก่ SO_2 , NO_2 , CO , O_3 และ PM_{10} และนอกจากนี้ยังได้ทำการศึกษาข้อมูลทางอุตุนิยมวิทยา เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างมลสารทางอากาศกับสภาพอุตุนิยมวิทยาที่ตรวจวัดได้ ข้อมูลอุตุนิยมวิทยาที่ทำการตรวจวัดได้แก่ ความเร็วลม ทิศทางลม อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ความดันบรรยากาศ และปริมาณน้ำฝน โดยแต่ละพื้นที่แบ่งการศึกษาออกเป็นช่วงฤดูฝนกับฤดูแล้ง จากรายงานสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศของกรมควบคุมมลพิษทั้ง 2 สถานี คือสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศลาดพร้าว (สถานีตำรวจนครบาลโชคชัย) และสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศดินแดง (เคหะชุมชนดินแดง) โดยใช้ข้อมูลระหว่าง พ.ศ. 2553-2556 ผลการศึกษาสามารถอธิบายได้ดังนี้

1.1 ภาพรวมของการศึกษา

จากการศึกษาความสัมพันธ์มลสารทางอากาศ กับสภาพอุตุนิยมวิทยาในเขตลาดพร้าว และเขตดินแดง โดยใช้ข้อมูลตรวจวัดมลสารทางอากาศ และข้อมูลอุตุนิยมวิทยาจากทั้ง 2 สถานี พบว่าค่าเฉลี่ยรายเดือนของมลสารต่างๆ ของสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศในเขตลาดพร้าว และเขตดินแดง เมื่อพิจารณาจากปี พ.ศ. 2553 ถึง พ.ศ.2556 พบว่าความเข้มข้นเฉลี่ยรายเดือนของมลสารทางอากาศ 5 พารามิเตอร์ของเขตลาดพร้าว และเขตดินแดง ดังตารางที่ 10 และ 11 ตามลำดับ พบว่าในระหว่าง พ.ศ.2553 ถึง พ.ศ. 2556 ความเข้มข้นเฉลี่ยมลสารทางอากาศ พ.ศ. 2553 มีความเข้มข้นของมลสารทางอากาศสูงกว่าปีอื่นๆ เกือบทุกพารามิเตอร์ ยกเว้น ในปี พ.ศ. 2556 ความเข้มข้นเฉลี่ยของ O_3 สูงกว่าปี พ.ศ. 2553 เพียงเล็กน้อย ดังภาพที่ 16 และค่าเฉลี่ยรายเดือนของมลสารต่างๆ ของสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศดินแดงพบว่าความเข้มข้นเฉลี่ยรายเดือนของมลสารทางอากาศมีค่าดังตารางที่ 11 และเมื่อนำมาเปรียบเทียบระหว่าง พ.ศ.2553 ถึง พ.ศ. 2556 พบว่า CO และ PM_{10} มีความเข้มข้นเฉลี่ยสูงสุดในปี 2553 และ SO_2 , NO_2 และ O_3 มีค่าเฉลี่ยสูงสุดในปี 2556 ดังภาพที่ 17

นอกจากนี้พบว่าทั้งสองเขตมีความเข้มข้นของมลสาร SO_2 ไม่เกินเกณฑ์มาตรฐานกำหนด และยังมีค่าต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานมาก อาจเป็นผลเนื่องมาจากการรณรงค์ให้เปลี่ยนไปใช้เชื้อเพลิงที่

เป็นแก๊สธรรมชาติ เช่นแก๊สโซฮอล์ และไบโอดีเซล และมีการผลิตรถยนต์ที่เครื่องยนต์เป็นแบบไฮบริด

ส่วนมลสาร NO_2 ในเขตลาดพร้าวไม่เกินเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด แต่ในเขตดินแดงความเข้มข้นของ NO_2 เกินเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด อาจเนื่องมาจากสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศเขตดินแดง ถูกปกคลุมด้วยต้นไม้ใหญ่ และมีต้นไม้ใหญ่ขนาดทั้งด้านข้าง และด้านหลัง และอยู่ในระยะใกล้ จึงทำให้แก๊ส NO_2 ที่เกิดขึ้นไม่สามารถกระจายตัวได้ดี ทำให้ความเข้มข้นของ NO_2 ที่ตรวจวัดได้มีค่าสูง

สำหรับมลสาร CO ไม่มีเกณฑ์มาตรฐานรายปี กำหนดไว้แต่ปริมาณที่คนได้รับแล้วเกิดอาการปวดศีรษะเล็กน้อย และอ่อนเพลียได้ คือ ที่ระดับความเข้มข้น 50-200 ppm จะเห็นได้ว่าทั้งสองเขตมีความเข้มข้นของ CO ใกล้เคียงกันโดยเป็นปริมาณที่ก่อให้เกิดอันตรายได้เช่นกัน เนื่องจากประเทศไทยยังมีการอนุญาตให้ใช้รถที่ที่ใช้งานมาแล้วเกิน 5 ปี และไม่ได้มีการกำหนดอายุการใช้งานของรถยนต์ จึงทำให้เกิดการเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ และยังคงใช้รถที่ไม่ได้หมั่นตรวจสภาพรถ

สำหรับมลสาร O_3 ก็ไม่มีเกณฑ์มาตรฐานรายปีกำหนดไว้เช่นกัน แต่แก๊ส O_3 ที่ระดับพื้นดินระดับความเข้มข้น 250 ppb ก็มีฤทธิ์ก่อให้เกิดความระคายเคืองต่อ ตา จมูก และจะทำลายเนื้อเยื่อปอด เกิดความระคายเคืองเมื่อหายใจเข้าไป ถ้าได้รับในปริมาณมากจะทำให้หายใจได้ พบว่าในเขตลาดพร้าวมีปริมาณของ O_3 มากกว่าเขตดินแดงประมาณ 2 เท่า ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณ NO_2 ที่ต่ำกว่าเขตดินแดงเนื่องจากในบริเวณสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศเขตลาดพร้าวมีต้นไม้ปกคลุมไม่มากเท่าเขตดินแดง ทำให้ได้รับแสงแดดมากกว่า จึงทำให้เกิดปฏิกิริยาโฟโตเคมีคัล (photochemical reaction) ของ NO_2 เกิดเป็น O_3 ได้มากกว่า

นอกจากนี้ยังพบว่าในเขตดินแดงมีปริมาณฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน $10 \mu\text{m}$ มากกว่าในเขตลาดพร้าวอาจเนื่องมาจากสาเหตุดังได้กล่าวไว้ในส่วนของมลสาร NO_2

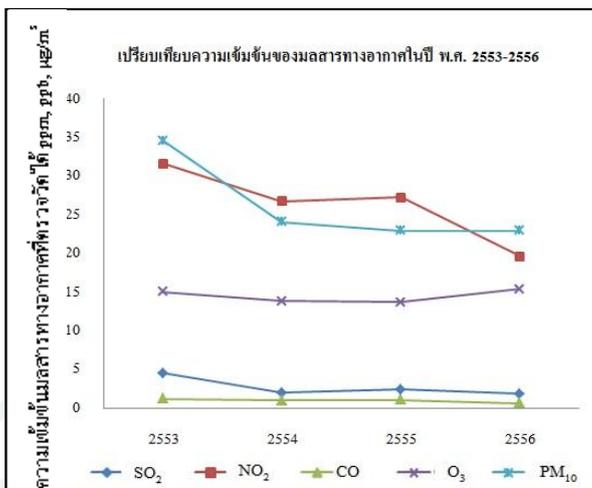
ตารางที่ 10 ความเข้มข้นเฉลี่ยรายเดือนของมลสารทางอากาศ พ.ศ. 2553-2556 ของสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศเขตลาดพร้าว

เดือน/พ.ศ.	ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO ₂)				ไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO ₂)				คาร์บอนมอนอกไซด์ (CO)			
	ค่าเฉลี่ยรายเดือน (ppb)				ค่าเฉลี่ยรายเดือน (ppb)				ค่าเฉลี่ยรายเดือน (ppm)			
	2553	2554	2555	2556	2553	2554	2555	2556	2553	2554	2555	2556
มกราคม	5.00	3.00	2.00	4.00	42.00	41.00	34.00	36.00	1.30	1.40	0.90	1.38
กุมภาพันธ์	6.00	3.00	1.00	2.00	31.00	29.00	23.00	19.00	1.00	0.90	0.90	0.79
มีนาคม	4.00	2.00	1.00	0.00	37.00	34.00	16.00	6.00	1.10	1.20	0.60	0.23
เมษายน	5.00	3.00	4.00	2.00	29.00	23.00	19.00	7.00	1.00	0.70	0.80	0.22
พฤษภาคม	5.00	2.00	3.00	2.00	28.00	22.00	16.00	6.00	1.10	0.80	0.80	0.41
มิถุนายน	5.00	2.00	-	1.00	25.00	16.00	-	6.00	0.90	0.80	-	0.54
กรกฎาคม	4.00	1.00	-	2.00	24.00	15.00	-	11.00	1.00	0.60	-	0.32
สิงหาคม	4.00	1.00	4.00	1.00	24.00	18.00	21.00	20.00	1.00	0.90	1.00	0.32
กันยายน	4.00	1.00	2.00	3.00	26.00	18.00	27.00	25.00	1.30	1.00	1.00	0.51
ตุลาคม	3.00	1.00	2.00	2.00	31.00	25.00	40.00	31.00	1.20	1.30	1.60	0.81
พฤศจิกายน	5.00	1.00	3.00	1.00	46.00	41.00	40.00	25.00	1.60	0.80	1.30	0.80
ธันวาคม	4.00	3.00	2.00	2.00	36.00	39.00	36.00	43.00	1.30	1.40	1.50	0.79
ค่าเฉลี่ยรายปี	4.50	1.92	2.40	1.83	31.58	26.75	27.20	19.58	1.15	0.98	1.04	0.59
ค่ามาตรฐาน	40				30				-			

ตารางที่ 10 (ต่อ)

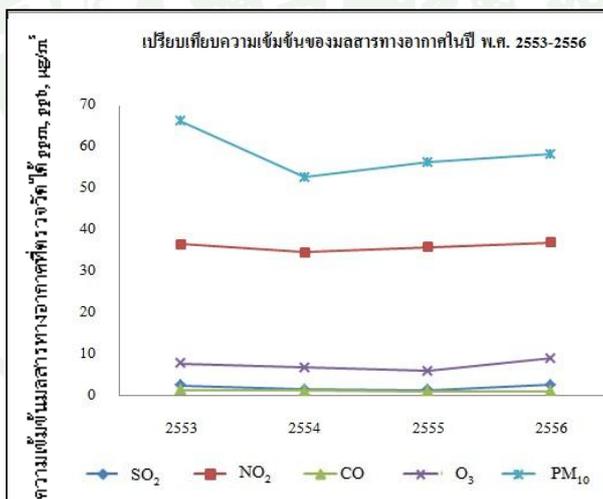
เดือน/พ.ศ.	โอโซน (O ₃)				ฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอน (PM ₁₀)			
	ค่าเฉลี่ยรายเดือน (ppb)				ค่าเฉลี่ยรายเดือน (µg/m ³)			
	2553	2554	2555	2556	2553	2554	2555	2556
มกราคม	17.00	20.00	13.00	18.00	31.00	36.40	24.00	32.00
กุมภาพันธ์	22.00	19.00	23.00	22.00	36.10	29.30	24.50	32.00
มีนาคม	21.00	21.00	18.00	19.00	47.10	30.70	23.60	24.00
เมษายน	15.00	18.00	15.00	16.00	37.00	21.40	19.00	21.00
พฤษภาคม	15.00	13.00	14.00	15.00	31.20	17.80	18.70	17.00
มิถุนายน	15.00	12.00	-	13.00	31.00	21.50	-	17.00
กรกฎาคม	12.00	11.00	-	15.00	29.00	23.90	-	15.00
สิงหาคม	11.00	5.00	11.00	13.00	34.90	15.80	16.60	16.00
กันยายน	12.00	5.00	9.00	9.00	33.50	15.60	18.20	18.00
ตุลาคม	12.00	7.00	12.00	16.00	27.20	17.60	25.40	28.00
พฤศจิกายน	15.00	13.00	9.00	13.00	41.50	27.90	26.90	22.00
ธันวาคม	13.00	22.00	13.00	15.00	35.50	30.90	32.40	33.00
ค่าเฉลี่ยรายปี	15.00	13.83	13.70	15.33	34.58	24.07	22.93	22.92
ค่ามาตรฐาน	-				50			

หมายเหตุ: คาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) และ โอโซน (O₃) ไม่ได้กำหนดค่ามาตรฐานรายปี



ภาพที่ 16 แนวโน้มความเข้มข้นของมลสารทางอากาศในปี พ.ศ. 2553-2556 จากสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศเขตลาดพร้าว

หมายเหตุ : หน่วยความเข้มข้นของแก๊ส SO₂, NO₂ และ O₃ คือ ppb แก๊ส CO คือ ppm และ PM₁₀ คือ µg/m³



ภาพที่ 17 แนวโน้มความเข้มข้นของมลสารทางอากาศในปี พ.ศ. 2553-2556 จากสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศเขตดินแดง

หมายเหตุ : หน่วยความเข้มข้นของแก๊ส SO₂, NO₂ และ O₃ คือ ppb แก๊ส CO คือ ppm และ PM₁₀ คือ µg/m³

ตารางที่ 11 ความเข้มข้นเฉลี่ยรายเดือนของมลสารทางอากาศ พ.ศ. 2553-2556 ของสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศเขตดินแดง

เดือน/พ.ศ.	ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO ₂)				ไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO ₂)				คาร์บอนมอนอกไซด์ (CO)			
	ค่าเฉลี่ยรายเดือน (ppb)				ค่าเฉลี่ยรายเดือน (ppb)				ค่าเฉลี่ยรายเดือน (ppm)			
	2553	2554	2555	2556	2553	2554	2555	2556	2553	2554	2555	2556
มกราคม	3.00	4.00	1.00	2.00	54.00	66.00	-	59.00	1.70	1.40	1.20	1.28
กุมภาพันธ์	2.00	2.00	1.00	2.00	28.00	38.00	23.00	51.00	1.00	1.30	1.00	1.20
มีนาคม	3.00	2.00	0.00	1.00	40.00	49.00	40.00	33.00	1.20	1.30	1.00	0.81
เมษายน	2.00	2.00	1.00	1.00	26.00	39.00	35.00	32.00	0.80	1.20	0.80	0.70
พฤษภาคม	2.00	1.00	1.00	2.00	27.00	35.00	31.00	31.00	0.90	1.20	1.00	0.69
มิถุนายน	2.00	1.00	2.00	3.00	30.00	26.00	26.00	28.00	1.00	0.90	0.80	0.97
กรกฎาคม	2.00	1.00	2.00	3.00	24.00	23.00	25.00	23.00	1.20	0.80	0.90	0.65
สิงหาคม	2.00	1.00	1.00	3.00	24.00	23.00	27.00	25.00	1.30	0.90	0.80	0.95
กันยายน	2.00	1.00	1.00	3.00	28.00	20.00	33.00	27.00	1.60	0.90	1.20	1.36
ตุลาคม	2.00	1.00	2.00	3.00	35.00	29.00	48.00	45.00	1.70	1.40	1.30	1.11
พฤศจิกายน	3.00	1.00	2.00	4.00	63.00	33.00	50.00	36.00	1.70	1.00	1.30	1.06
ธันวาคม	4.00	1.00	2.00	4.00	60.00	-	56.00	54.00	1.40	1.10	1.40	1.05
ค่าเฉลี่ย	2.42	1.50	1.33	2.58	36.58	34.64	35.82	37.00	1.29	1.12	1.06	0.99
ค่ามาตรฐาน	40				30				-			

ตารางที่ 11 (ต่อ)

เดือน/พ.ศ.	โอโซน (O ₃)				ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน (PM ₁₀)			
	ค่าเฉลี่ยรายเดือน (ppb)				ค่าเฉลี่ยรายเดือน (µg/m ³)			
	2553	2554	2555	2556	2553	2554	2555	2556
มกราคม	7.00	7.00	4.00	9.00	92.20	46.40	65.00	82.00
กุมภาพันธ์	12.00	12.00	7.00	13.00	54.00	36.20	66.50	82.00
มีนาคม	14.00	12.00	9.00	13.00	79.50	71.50	63.50	54.00
เมษายน	15.00	12.00	8.00	12.00	53.50	65.70	60.80	50.00
พฤษภาคม	11.00	8.00	8.00	14.00	45.40	58.60	41.00	40.00
มิถุนายน	7.00	6.00	7.00	9.00	46.80	46.20	42.50	44.00
กรกฎาคม	4.00	4.00	4.00	8.00	42.80	33.80	38.00	38.00
สิงหาคม	4.00	4.00	4.00	5.00	49.80	38.90	37.90	38.00
กันยายน	3.00	3.00	3.00	4.00	63.10	41.90	47.40	45.00
ตุลาคม	3.00	4.00	6.00	6.00	68.90	57.10	64.40	72.00
พฤศจิกายน	6.00	4.00	6.00	6.00	104.70	61.60	70.30	61.00
ธันวาคม	6.00	5.00	5.00	8.00	93.30	73.70	78.00	93.00
ค่าเฉลี่ย	7.67	6.75	5.92	8.92	66.17	52.63	56.28	58.25
ค่ามาตรฐาน	-				50			

หมายเหตุ: คาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) และ โอโซน (O₃) ไม่ได้กำหนดค่ามาตรฐานรายปี

จากตารางที่ 11 ความเข้มข้นเฉลี่ยของมลสารทางอากาศ พ.ศ. 2553-2556 ของสถานีตรวจวัดอากาศเขตดินแดง ดังภาพที่ 17 พบว่าค่าเฉลี่ยของมลสารต่างๆ เมื่อพิจารณาจากปี พ.ศ. 2553-2556 พบว่าความเข้มข้นเฉลี่ยสูงสุดในปี พ.ศ. 2553 ได้แก่ CO และ PM_{10} และพบว่าในปี 2556 ความเข้มข้นของ SO_2 , NO_2 และ O_3 มีความเข้มข้นเฉลี่ยรายเดือนสูงสุด เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศพบว่ามี NO_2 และ PM_{10} มีความเข้มข้นที่ตรวจวัดได้เกินมาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศที่กรมควบคุมมลพิษ (ไม่เกิน 30 ppb และไม่เกิน $50 \mu g/m^3$ ตามลำดับ) และมลสารทางอากาศที่ตรวจวัดได้ส่วนใหญ่มาจากการจราจรซึ่งเขตดินแดงประสบกับปัญหาการจราจรติดขัดมาโดยตลอด ถึงแม้รัฐบาลได้มีการรณรงค์การใช้น้ำมันเชื้อเพลิงทางเลือกเรื่อยมา เช่น ใช้แก๊สโซฮอล์แทนน้ำมันเบนซิน แต่ปริมาณรถยนต์ที่เพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ทั้งที่มาจากนโยบายรถคันแรกของรัฐบาล และมาจากความต้องการของผู้บริโภคอยู่แล้วจึงทำให้ปริมาณยานพาหนะเพิ่มสูงขึ้นอย่างมากจึงทำให้ความเข้มข้นของ SO_2 และ NO_2 เพิ่มสูงขึ้นและ NO_2 ก็เป็นสาเหตุหลักที่ทำให้เกิด O_3 ระดับพื้นดิน

1.2 การพิจารณาความเข้มข้นมลสารทางอากาศแต่ละชนิดในรอบปี พ.ศ. 2553-2556 ระหว่างเขตดินแดง และเขตลาดพร้าว

เมื่อพิจารณาถึงการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของมลสารทางอากาศในรอบปี พ.ศ. 2553-2556 ทั้ง 2 พื้นที่ที่สามารถสรุปได้ดังนี้

ในพื้นที่เขตดินแดงพบว่าปริมาณความเข้มข้นของแก๊ส NO_2 , CO และ PM_{10} มีค่าสูงกว่าในพื้นที่เขตลาดพร้าวทุกปี ดังภาพที่ 18, 19 และ 20 และจากข้อมูลการจราจรระหว่างปี พ.ศ. 2553-2555 พบว่า ปริมาณยานพาหนะในเขตดินแดงน้อยกว่าเขตลาดพร้าวทุกปี โดยจำนวนยานพาหนะที่ตรวจวัดได้ระหว่างปี พ.ศ. 2553-2555 ในเขตดินแดงเท่ากับ 328,491 คัน, 426,444 คัน และ 366,197 คัน ตามลำดับ ส่วนยานพาหนะที่ตรวจวัดได้ในเขตลาดพร้าวเท่ากับ 896,695 คัน, 550,730 คัน และ 912,662 คัน ตามลำดับ ทั้งนี้จากข้อมูลยานพาหนะดังกล่าวไม่สอดคล้องกับความเข้มข้นของแก๊ส NO_2 , CO และ PM_{10} ที่ตรวจวัดได้ อาจเนื่องมาจากสาเหตุหลายประการ เช่น สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศเขตดินแดงถูกปกคลุมด้วยต้นไม้ใหญ่ และมีต้นไม้ใหญ่ประกบทั้งด้านข้างและด้านหลัง นอกจากนี้ยังมีอาคารแฟลตดินแดงตั้งเป็นแนวยาวอยู่ด้านหลัง และอยู่ในระยะใกล้ จึงทำให้แก๊ส NO_2 , CO และ PM_{10} ที่เกิดขึ้น ไม่สามารถกระจายตัวได้ดี เป็นสาเหตุให้ความเข้มข้นของแก๊ส NO_2 , CO และ PM_{10} ที่ตรวจวัดได้มีค่าสูงโดยอธิบายรายละเอียด ดังนี้

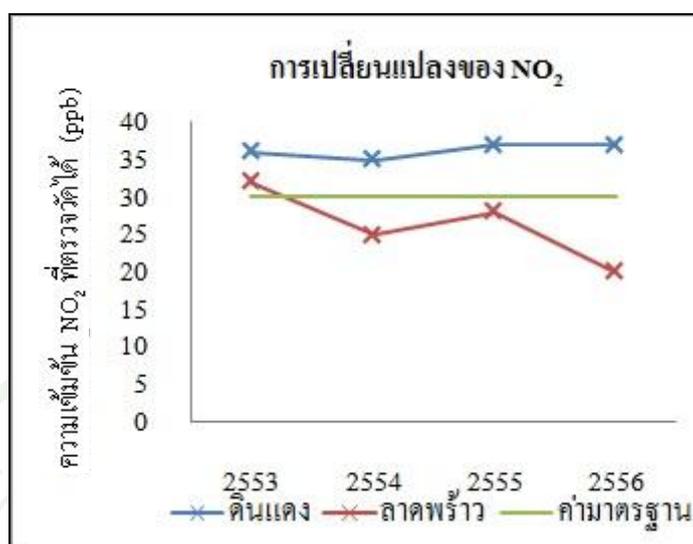
1.2.2 แก๊ส NO₂

การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของแก๊ส NO₂ ในรอบปี 2553-2556 ดังภาพที่ 18 สามารถสรุปได้ว่า ในเขตดินแดงค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของแก๊ส NO₂ เท่ากับ 36.01 ppb โดยมีค่าเฉลี่ยรายปีสูงสุดเท่ากับ 37.00 ppb ในปี พ.ศ.2556 ซึ่งเมื่อเทียบกับเขตลาดพร้าวจะพบว่าเขตดินแดงมีค่าเฉลี่ยสูงกว่า โดยเขตลาดพร้าวมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 26.28 ppb และค่าเฉลี่ยรายปีสูงสุดเท่ากับ 31.58 ppb ในปี 2553 ทั้งนี้พบว่าค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของแก๊ส NO₂ ในเขตดินแดงมีค่าเกินมาตรฐานทุกปี ส่วนเขตลาดพร้าว พบว่ามีเพียง พ.ศ. 2553 เท่านั้นที่เกินค่ามาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศที่กรมควบคุมมลพิษกำหนดให้ค่าเฉลี่ยรายปีของแก๊ส NO₂ ไม่เกิน 30 ppb แต่ทั้ง 2 เขตจัดว่ามีความเข้มข้นของแก๊ส NO₂ ค่อนข้างสูง โดยเฉพาะเขตดินแดงที่มีปริมาณยานพาหนะน้อยกว่าเนื่องจากสาเหตุที่กล่าวมาข้างต้น.

ตารางที่ 12 เปรียบเทียบความเข้มข้น แก๊ส NO₂ ในเขตดินแดง และเขตลาดพร้าว

แก๊ส NO ₂	ปริมาณเฉลี่ยระหว่างปี 2553-2556	ค่าเฉลี่ยรายปีสูงสุด	เกณฑ์มาตรฐาน
เขตดินแดง	36.01 ppb	37.00 ppb	30 ppb
เขตลาดพร้าว	26.28 ppb	31.58 ppb	30 ppb

เมื่อเปรียบเทียบปริมาณแก๊ส NO₂ ระหว่างเขตดินแดง กับเขตลาดพร้าวในปี พ.ศ. 2553-2556 ดังแสดงในภาพที่ 18 พบว่าเขตดินแดงมีความเข้มข้นของ NO₂ มากกว่าเขตลาดพร้าวทุกปี และมีค่าเกินเกณฑ์มาตรฐานทุกปี เนื่องจากสาเหตุที่กล่าวมาข้างต้น นอกจากนี้เขตลาดพร้าวปริมาณ NO₂ ยังมีแนวโน้มลดลงทำให้ปริมาณ NO₂ แตกต่างจากเขตดินแดงอย่างมีนัยสำคัญอันเนื่องมาจากสาเหตุการรณรงค์การใช้เชื้อเพลิงจากธรรมชาติ และหมั่นตรวจสภาพรถยนต์อย่างสม่ำเสมอ ประกอบกับสถานีที่ตั้งสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศเขตลาดพร้าวมีต้นไม้ปกคลุมน้อยกว่าสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศเขตดินแดงจึงทำให้ NO₂ กระจายตัวในบรรยากาศได้ง่ายกว่าในเขตดินแดง ทำให้ค่า NO₂ ที่ตรวจวัดได้ในเขตดินแดงมีค่าสูงกว่าเขตลาดพร้าว



ภาพที่ 18 การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของแก๊สไนโตรเจนไดออกไซด์ โดยเฉลี่ยรายปี

1.2.2 แก๊ส CO

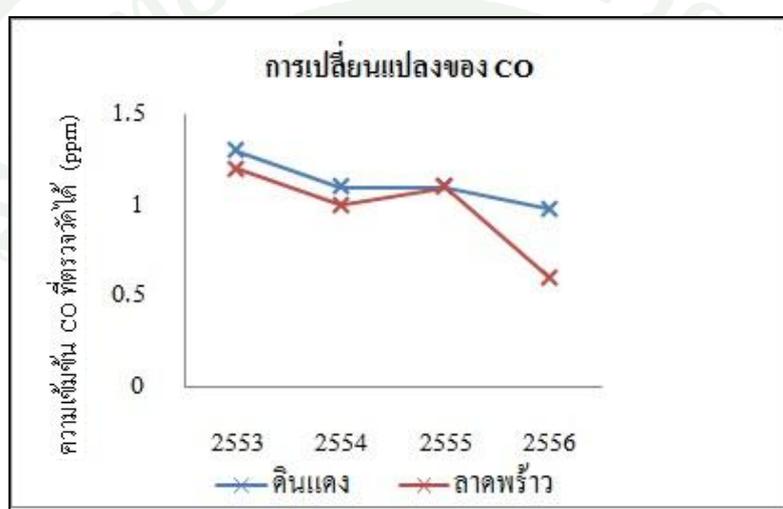
การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของแก๊ส CO ในรอบปี 2553-2556 สามารถสรุปได้ว่า ในเขตดินแดงมีความเข้มข้นเฉลี่ยของแก๊ส CO เท่ากับ 1.12 ppm โดยมีค่าเฉลี่ยรายปีสูงสุดเท่ากับ 1.29 ppm ในปี พ.ศ.2553 ซึ่งเมื่อเทียบกับเขตลาดพร้าวจะพบว่ามีค่าเฉลี่ยสูงกว่า โดยเขตลาดพร้าวซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.94 ppm และค่าเฉลี่ยรายปีสูงสุดเท่ากับ 1.15 ppm ในปี 2553 ดังภาพที่ 19

ตารางที่ 13 เปรียบเทียบความเข้มข้น แก๊ส CO ในเขตดินแดง และเขตลาดพร้าว

แก๊ส CO	ปริมาณเฉลี่ยระหว่างปี		เกณฑ์มาตรฐาน
	2553-2556	ค่าเฉลี่ยรายปีสูงสุด	
เขตดินแดง	1.12 ppm	1.29 ppm	-
เขตลาดพร้าว	0.94 ppm	1.15 ppm	-

เมื่อเปรียบเทียบปริมาณแก๊ส CO ระหว่างเขตดินแดง กับเขตลาดพร้าวในปี พ.ศ. 2553-2556 ดังภาพที่ 19 พบว่าเขตดินแดงมีความเข้มข้นของ CO มากกว่าเขตลาดพร้าวทุกปี เนื่องจากสาเหตุที่กล่าวมาข้างต้น อย่างไรก็ตามปริมาณ CO ที่ตรวจวัดได้จากทั้ง 2 พื้นที่ถือว่าอยู่ในปริมาณที่ต่ำ

เนื่องจากระดับความเข้มข้นของ CO ที่ส่งผลให้เกิดอาการปวดศีรษะเล็กน้อยและอ่อนเพลียอยู่ที่ 50 ppm - 200 ppm และที่ระดับความเข้มข้น 200 - 400 ppm จะมีอาการอาการคลื่นไส้ อาเจียน วิงเวียนศีรษะอย่างรุนแรง และอาจถึงขั้นเป็นลมได้ นอกจากนี้พบว่าทั้งสองพื้นที่ที่ปริมาณ CO ยังมีแนวโน้มลดลงอย่างมีนัยสำคัญ เนื่องจากส่วนราชการได้มีการรณรงค์ให้ใช้น้ำมันเชื้อเพลิงที่สะอาด และมีการรณรงค์เรื่องการประหยัดพลังงานอย่างต่อเนื่องเรื่อยมา ประกอบกับบริษัทผู้ผลิตรถยนต์ได้พัฒนาเครื่องยนต์แบบไฮบริด หรืออีโคคาร์ ที่ช่วยประหยัดน้ำมันขึ้นมาเพื่อเป็นอีกทางเลือกหนึ่งสำหรับผู้ขับขี่ยานพาหนะ จึงทำให้ในช่วงปีหลังๆ มีค่ามลสารที่ตรวจวัดได้มีความเข้มข้นต่ำลง



ภาพที่ 19 การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์โดยเฉลี่ยรายปี

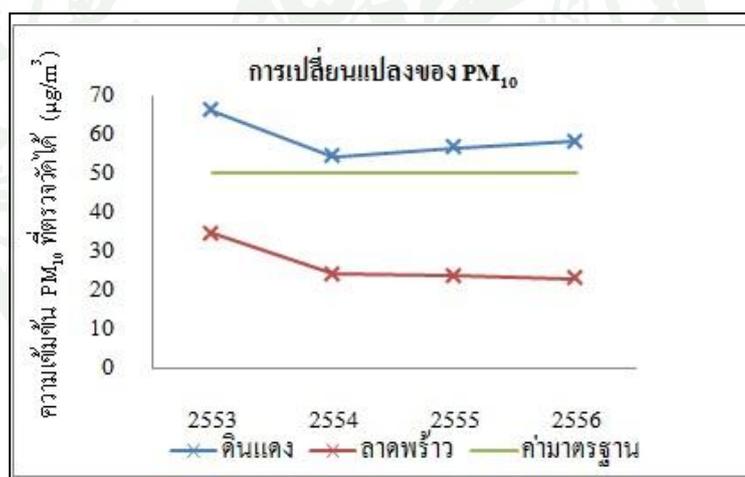
1.2.3 PM₁₀

การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของ PM₁₀ ในรอบปี 2553-2556 สามารถสรุปได้ว่าเขตดินแดงมีความเข้มข้นเฉลี่ยเท่ากับ 58.33 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ โดยมีความเข้มข้นเฉลี่ยรายปีสูงสุดเท่ากับ 66.17 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ในปี พ.ศ.2553 ซึ่งเมื่อเทียบกับเขตลาดพร้าวจะพบว่ามีความเข้มข้นเฉลี่ยสูงกว่า โดยเขตลาดพร้าวมีค่าเข้มข้นเฉลี่ยเท่ากับ 26.13 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ โดยค่าความเข้มข้นเฉลี่ยรายปีสูงสุดเท่ากับ 34.58 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ในปี 2553 จากการศึกษาจะพบว่าปริมาณ PM₁₀ ที่ตรวจวัดได้ในเขตดินแดง มีค่าเกินมาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศที่กรมควบคุมมลพิษกำหนดไว้ค่าเฉลี่ย 1 ปี ของ PM₁₀ ไม่ให้เกิน 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ แต่จะพบว่าในเขตดินแดงมีค่าเกินมาตรฐานทุกปี ขณะที่เขตลาดพร้าวมีความเข้มข้นเฉลี่ยรายปีของ PM₁₀ ไม่เกินค่ามาตรฐานคุณภาพอากาศ เนื่องจากเหตุผลที่กล่าวมาแล้วข้างต้น

ตารางที่ 14 เปรียบเทียบความเข้มข้น PM_{10} ในเขตดินแดง และเขตลาดพร้าว

แก๊ส PM_{10}	ปริมาณเฉลี่ยระหว่างปี 2553-2556	ค่าเฉลี่ยรายปีสูงสุด	เกณฑ์มาตรฐาน
เขตดินแดง	$58.33 \mu\text{g}/\text{m}^3$	$66.17 \mu\text{g}/\text{m}^3$	$50 \mu\text{g}/\text{m}^3$
เขตลาดพร้าว	$26.13 \mu\text{g}/\text{m}^3$	$34.58 \mu\text{g}/\text{m}^3$	$50 \mu\text{g}/\text{m}^3$

เมื่อเปรียบเทียบปริมาณ PM_{10} ระหว่างเขตดินแดง กับเขตลาดพร้าวในปี พ.ศ. 2553-2556 ดังภาพที่ 20 พบว่าเขตดินแดงมีความเข้มข้นของ PM_{10} มากกว่าเขตลาดพร้าวทุกปี และมีค่าเกินเกณฑ์มาตรฐานทุกปี เนื่องจากสาเหตุที่กล่าวมาข้างต้น นอกจากนี้เขตลาดพร้าวปริมาณ PM_{10} ยังมีแนวโน้มลดลงทำให้ปริมาณ PM_{10} แตกต่างจากเขตดินแดงอย่างมีนัยสำคัญ สาเหตุดังที่ได้กล่าวไว้แล้วในหัวข้อแก๊ส NO_2



ภาพที่ 20 การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของฝุ่นละอองเล็กกว่า 10 ไมครอน โดยเฉลี่ยรายปี

ส่วนในพื้นที่เขตลาดพร้าวพบว่าความเข้มข้นของแก๊ส SO_2 และ O_3 มีค่าสูงกว่าในพื้นที่เขตดินแดงทุกปียกเว้น SO_2 ในปี พ.ศ. 2556 เขตดินแดงจะมีความเข้มข้นของ SO_2 สูงกว่าเขตลาดพร้าวดังที่ได้กล่าวไว้แล้วว่าปริมาณยานพาหนะในเขตลาดพร้าวสูงกว่าเขตดินแดงทุกปี จึงทำให้ความเข้มข้นของ SO_2 และ O_3 มีความเข้มข้นสูงกว่าเขตดินแดง โดยอธิบายรายละเอียด ดังนี้

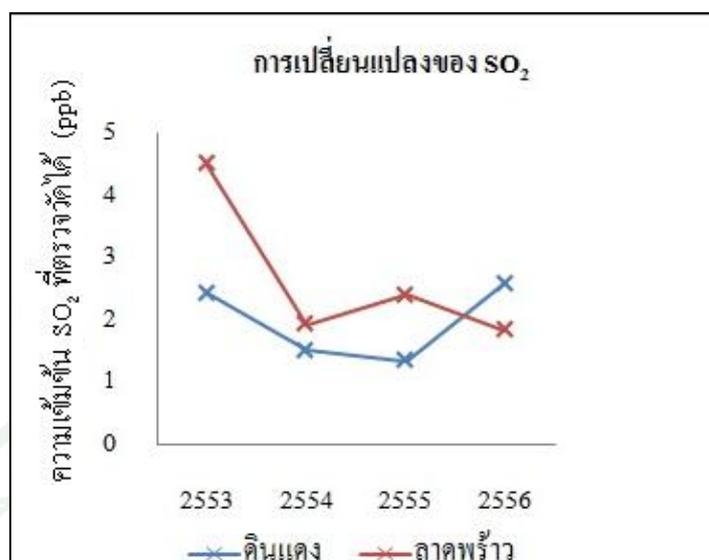
1.2.4 แก๊ส SO₂

การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของ SO₂ ในรอบปี 2553-2556 ดังภาพที่ 21 ซึ่งสามารถสรุปได้ว่าความเข้มข้นของ SO₂ ในเขตลาดพร้าวมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.66 ppb โดยค่าเฉลี่ยรายปีสูงสุดเท่ากับ 4.50 ppb ในปี พ.ศ.2553 ซึ่งเมื่อเทียบกับเขตดินแดงจะพบว่ามีค่าเฉลี่ยสูงกว่าเขตดินแดงโดยค่าเฉลี่ยของเขตดินแดงเท่ากับ 1.96 ppb โดยค่าเฉลี่ยรายปีสูงสุดเท่ากับ 2.58 ppb ในปี 2556 ซึ่งค่าที่ตรวจวัดได้ยังอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศที่กำหนดให้ค่าเฉลี่ยรายปีของ SO₂ ไม่เกิน 40 ppb

ตารางที่ 15 เปรียบเทียบความเข้มข้น แก๊ส SO₂ ในเขตดินแดง และเขตลาดพร้าว

แก๊ส SO ₂	ปริมาณเฉลี่ยระหว่างปี 2553-2556	ค่าเฉลี่ยรายปีสูงสุด	เกณฑ์มาตรฐาน
เขตดินแดง	1.96 ppb	2.58 ppb	40 ppb
เขตลาดพร้าว	2.66 ppb	4.50 ppb	40 ppb

เมื่อเปรียบเทียบปริมาณแก๊ส SO₂ ระหว่างเขตดินแดงกับเขตลาดพร้าวในปี พ.ศ. 2554-2556 ดังแสดงในภาพที่ 21 พบว่าเขตลาดพร้าวมีความเข้มข้นของ SO₂ มากกว่าเขตดินแดงทุกปี ยกเว้นปี พ.ศ. 2556 พบว่าความเข้มข้นของ SO₂ ในเขตดินแดงมีค่าเพิ่มขึ้นเนื่องจากการเพิ่มขึ้นของยานพาหนะเนื่องมาจากนโยบายการลดภาษีรถยนต์คันแรกของรัฐบาล และสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศเขตดินแดงตั้งอยู่ตรงข้าม โรงเรียนพิบูลย์ประชาสรรค์ ซึ่งบริเวณหน้าโรงเรียนจะมีการจราจรติดขัดมากเนื่องจากการจอดรถรับ-ส่งเด็กนักเรียน และจากที่นักเรียนที่เคยเดินทางมาโรงเรียนโดยรถโดยสารสาธารณะกลับเป็นผู้ปกครองมารับ – ส่ง โดยใช้รถยนต์ส่วนตัวแทน จึงเป็นอีกสาเหตุหนึ่งที่ทำให้ความเข้มข้นของ SO₂ สูงขึ้น นอกจากนี้เขตลาดพร้าวปริมาณ SO₂ มีแนวโน้มลดลงทำให้ปริมาณ SO₂ แตกต่างจากเขตดินแดงอย่างมีนัยสำคัญ อันเนื่องมาจากกรุงเทพมหานครได้มีการรณรงค์ส่งเสริมการใช้เชื้อเพลิงทางเลือก เช่นรณรงค์การใช้แก๊สโซฮอล์แทนน้ำมันเบนซิน และมีแนวโน้มการใช้เชื้อเพลิงทางเลือกสูงขึ้นตามลำดับ ประกอบกับสถานที่ตั้งของสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศทั้ง 2 พื้นที่ และสภาพโดยรอบ ก็เป็นปัจจัยที่ทำให้ข้อมูลมลสารทางอากาศที่ตรวจวัดได้อาจมีการคลาดเคลื่อน



ภาพที่ 21 การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ โดยเฉลี่ยรายปี

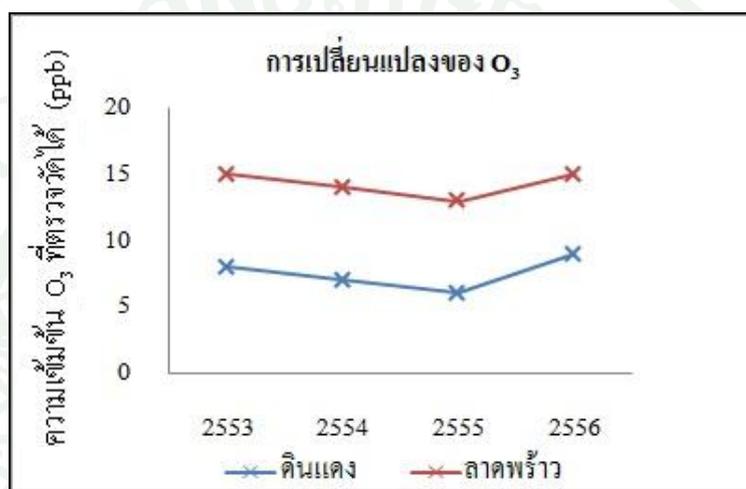
1.2.5 แก๊ส O₃

การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของ O₃ ในรอบปี 2553-2556 ดังภาพที่ 22 ซึ่งสามารถสรุปได้ว่า เขตตลาดพร้าวมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 14.47 ppb โดยมีค่าเฉลี่ยรายปีสูงสุดเท่ากับ 15.33 ppb ในปี พ.ศ.2556 ซึ่งเมื่อเทียบกับเขตดินแดงจะพบว่ามีความเข้มข้นสูงกว่า โดยเขตดินแดงมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.32 ppb โดยค่าเฉลี่ยรายปีสูงสุดเท่ากับ 8.92 ppb ในปี 2556 ดังที่ได้กล่าวไว้ในข้อ 1.2.1 กรุงเทพมหานครเป็นเมืองที่มีการปลดปล่อย NO_x สูงจากแหล่งกำเนิดยานพาหนะ NO_x จึงเป็นสารหลักในการเกิด O₃ ในชั้นบรรยากาศโทรโปสเฟียร์ โดยสารในกลุ่ม NO_x จะสลายตัวเป็น NO และอนุมูลอิสระของออกซิเจน ที่มีความว่องไวในการทำปฏิกิริยามากจะเกิดการทำปฏิกิริยาต่อไปซึ่ง O₃ ถือเป็นสาเหตุสำคัญในการเกิดปฏิกิริยา photochemical smog แต่การเกิดปฏิกิริยาต่างๆ จะต้องอาศัยปัจจัยภายนอกที่เหมาะสม เช่น อุณหภูมิ ความเข้มข้นของแสงที่เหมาะสมต่อการเกิดปฏิกิริยา

ตารางที่ 16 เปรียบเทียบความเข้มข้น แก๊ส O₃ ในเขตดินแดง และเขตตลาดพร้าว

แก๊ส O ₃	ปริมาณเฉลี่ยระหว่างปี		เกณฑ์มาตรฐาน
	2553-2556	ค่าเฉลี่ยรายปีสูงสุด	
เขตดินแดง	7.32 ppb	8.92 ppb	-
เขตตลาดพร้าว	14.47 ppb	15.33 ppb	-

เมื่อเปรียบเทียบปริมาณแก๊ส O_3 ระหว่างเขตดินแดงกับเขตลาดพร้าวในปี พ.ศ. 2554-2556 ดังแสดงในภาพที่ 22 พบว่าเขตลาดพร้าวมีความเข้มข้นของ O_3 มากกว่าเขตดินแดงทุกปี เนื่องจากสาเหตุ ดังที่ได้กล่าวไว้ในส่วน แก๊ส SO_2 นอกจากนี้พบว่าทั้ง 2 พื้นที่ ปริมาณ O_3 ในปี พ.ศ. 2556 สูงขึ้น อาจเนื่องมาจากกรุงเทพมหานครมีปริมาณการจราจรที่หนาแน่น มีการเผาไหม้เชื้อเพลิงสูง ทำให้มีอนุมูลอินทรีย์บนท้องถนนสูง ซึ่งอนุมูลอินทรีย์เป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อการเกิดปฏิกิริยาของ O_3 เนื่องจากการเกิดปฏิกิริยาโฟโตเคมีคล้มี่แสงแดดเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา



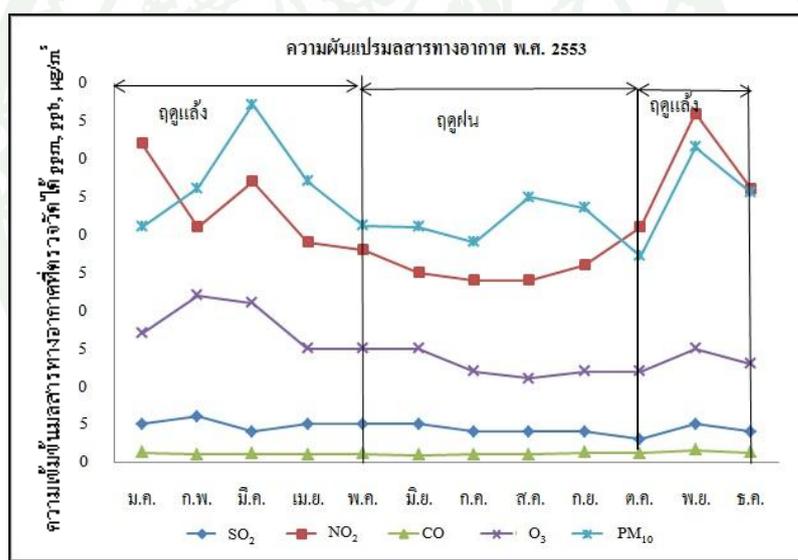
ภาพที่ 22 การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของแก๊สโอโซน โดยเฉลี่ยรายปี

1.3 ฤดูกาล

ความเข้มข้นโดยเฉลี่ยรายเดือนของมลสารทางอากาศแต่ละชนิดในเขตดินแดง และเขตลาดพร้าวตั้งแต่ปี พ.ศ. 2553 ถึง พ.ศ. 2556 ดังภาพที่ 23-30 เมื่อพิจารณาถึงฤดูกาลว่ามีผลต่อความเข้มข้นของมลสารทางอากาศในบรรยากาศอย่างไร พบว่าในทุกปีที่ทำการศึกษามีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงเหมือนกันทั้งสองเขตคือ ความเข้มข้นของมลสารทางอากาศทุกชนิดในฤดูแล้งมีความเข้มข้นสูงกว่าฤดูฝนเนื่องจากฤดูแล้งคือในช่วงเดือนตุลาคมถึงเดือนพฤษภาคม จะมีอากาศแห้งลักษณะอากาศโดยทั่วไปทรงตัว คือมีการเปลี่ยนแปลงน้อยจึงทำให้มลสารต่างๆ ทรงตัวอยู่บรรยากาศได้นาน ในช่วงฤดูฝนคือเดือนมิถุนายนถึงตุลาคม จะเห็นว่าความเข้มข้นของมลสารทางอากาศลดต่ำลง เนื่องจากปริมาณน้ำฝนเจือจางความเข้มข้นของมลสารทางอากาศในบรรยากาศ และเกิดกระบวนการตกตะกอน (Precipitation) ทำให้น้ำพามลสารตกลงสู่พื้นดิน ค่าที่วัดได้มีค่าน้อยกว่าช่วงฤดูแล้ง จากภาพที่ 23-30 จะสังเกตเห็นว่า ความเข้มข้นของ NO_2 ในช่วงเดือนกุมภาพันธ์

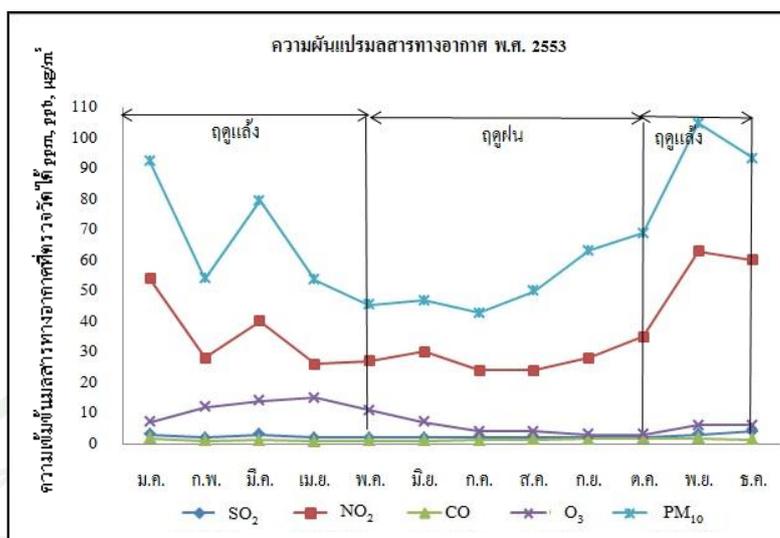
ของทุกปีจะมีค่าต่ำลง ส่วนค่า PM_{10} จะสูงขึ้นไม่มาก หรือบางปีก็ต่ำลงเช่นกัน เนื่องมาจากในช่วงกลางเดือนกุมภาพันธ์ – กลางเดือนพฤษภาคมของทุกปี เป็นช่วงที่เปลี่ยนจากมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ เป็นมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ หรือเป็นช่วงเปลี่ยนจากฤดูหนาวเข้าสู่ฤดูฝน ในช่วงนี้แม้ว่าประเทศไทยอากาศจะร้อนและแห้งแล้ง แต่บางครั้งอาจมีมวลอากาศเย็นจากประเทศจีนแผ่ลงมาถึงประเทศไทยตอนบน ทำให้เกิดการปะทะกันระหว่างมวลอากาศเย็น ที่แผ่ลงมา กับมวลอากาศร้อนที่ปกคลุมอยู่เหนือประเทศไทย ซึ่งทำให้เกิดเป็นพายุฤดูร้อนขึ้นได้ จึงทำให้ความเข้มข้นของ NO_2 และ PM_{10} ลดลงในช่วงเดือนกุมภาพันธ์และในบางปีมีแนวโน้มลดลงเรื่อยๆ แต่บางปีมีความเข้มข้นสูงขึ้นแต่ไม่มากขึ้นอยู่กับสภาพอากาศในแต่ละปี

กราฟแสดงความผันแปรของปริมาณมลสารทางอากาศรายเดือนของสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศลาดพร้าว และสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศดินแดง



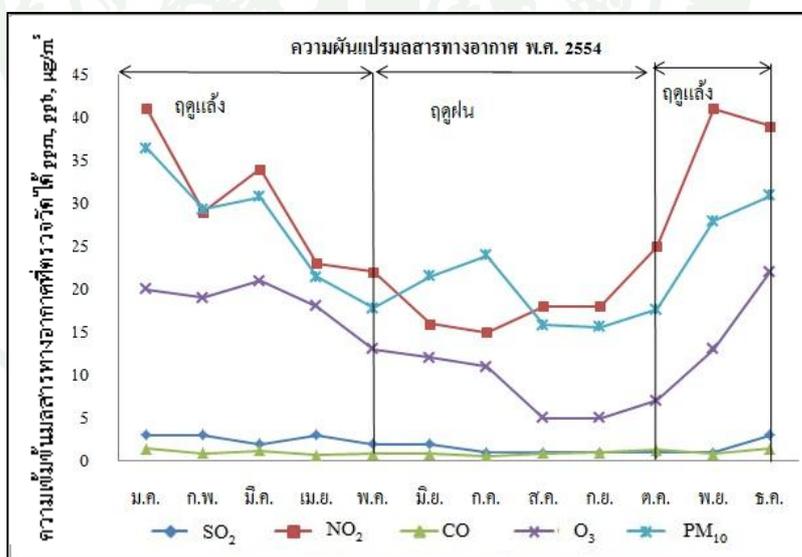
ภาพที่ 23 ความผันแปรของปริมาณมลสารทางอากาศรายเดือนในปี พ.ศ. 2553 ของเขตลาดพร้าว

หมายเหตุ: หน่วยความเข้มข้นของแก๊ส SO_2 , NO_2 และ O_3 คือ ppb แก๊ส CO คือ ppm และ PM_{10} คือ $\mu g/m^3$



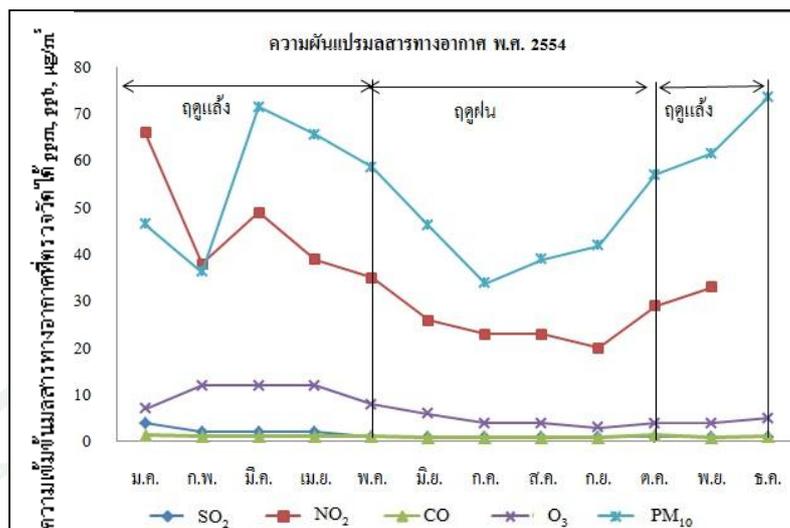
ภาพที่ 24 ความผันแปรของปริมาณมลสารทางอากาศรายเดือนในปี พ.ศ. 2553 ของเขตดินแดง

หมายเหตุ: หน่วยความเข้มข้นของแก๊ส SO₂, NO₂ และ O₃ คือ ppb แก๊ส CO คือ ppm และ PM₁₀ คือ µg/m³



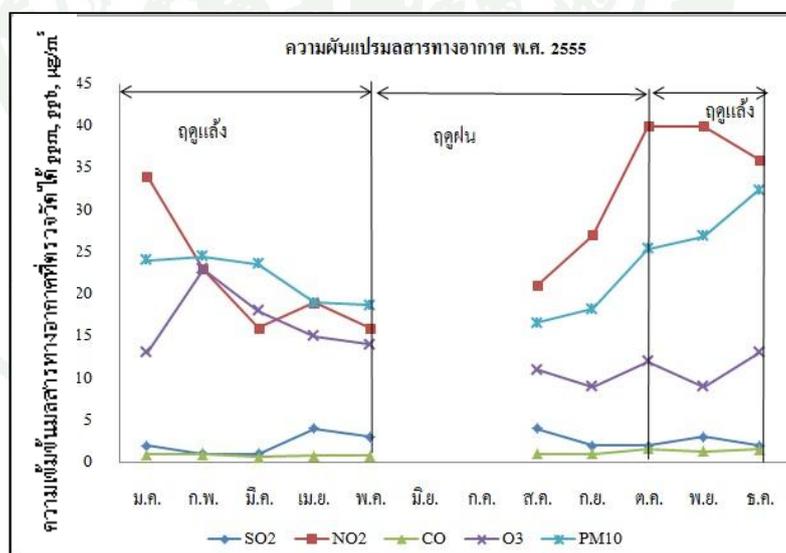
ภาพที่ 25 ความผันแปรของปริมาณมลสารทางอากาศรายเดือนในปี พ.ศ. 2554 ของเขตลาดพร้าว

หมายเหตุ: หน่วยความเข้มข้นของแก๊ส SO₂, NO₂ และ O₃ คือ ppb แก๊ส CO คือ ppm และ PM₁₀ คือ µg/m³



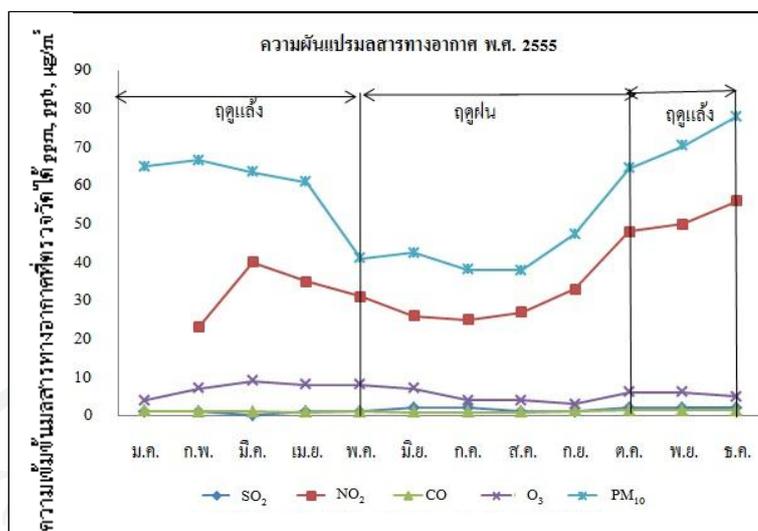
ภาพที่ 26 ความผันแปรของปริมาณมลสารทางอากาศรายเดือนในปี พ.ศ. 2554 ของเขตดินแดง

หมายเหตุ: หน่วยความเข้มข้นของแก๊ส SO₂, NO₂ และ O₃ คือ ppb แก๊ส CO คือ ppm และ PM₁₀ คือ µg/m³



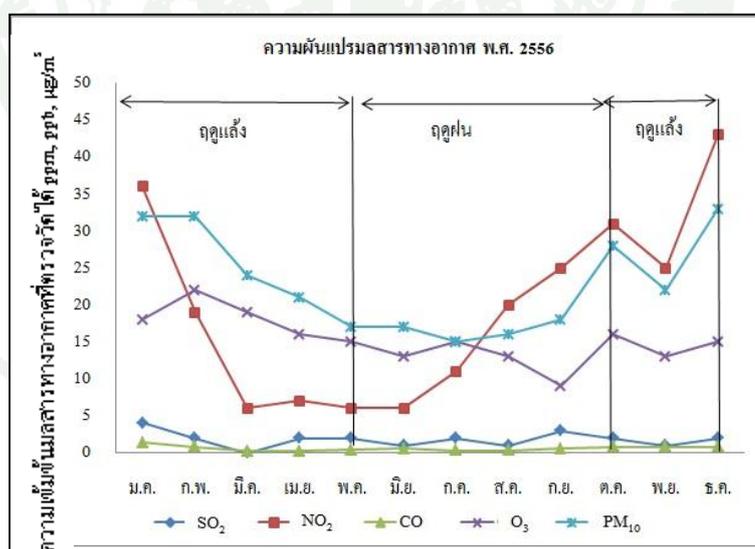
ภาพที่ 27 ความผันแปรของปริมาณมลสารทางอากาศรายเดือนในปี พ.ศ. 2555 ของเขตลาดพร้าว

หมายเหตุ: หน่วยความเข้มข้นของแก๊ส SO₂, NO₂ และ O₃ คือ ppb แก๊ส CO คือ ppm และ PM₁₀ คือ µg/m³



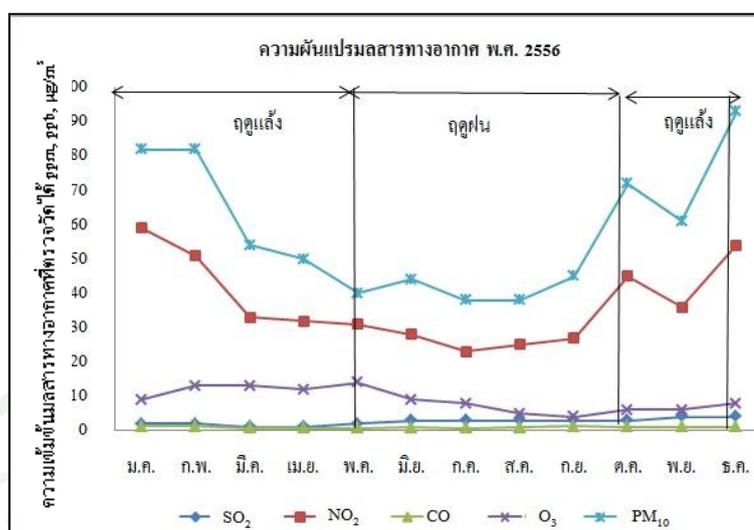
ภาพที่ 28 ความผันแปรของปริมาณมลสารทางอากาศรายเดือนในปี พ.ศ. 2555 ของเขตดินแดง

หมายเหตุ: หน่วยความเข้มข้นของแก๊ส SO₂, NO₂ และ O₃ คือ ppb แก๊ส CO คือ ppm และ PM₁₀ คือ µg/m³



ภาพที่ 29 ความผันแปรของปริมาณมลสารทางอากาศรายเดือนในปี พ.ศ. 2556 ของเขตลาดพร้าว

หมายเหตุ: หน่วยความเข้มข้นของแก๊ส SO₂, NO₂ และ O₃ คือ ppb แก๊ส CO คือ ppm และ PM₁₀ คือ µg/m³



ภาพที่ 30 ความผันแปรของปริมาณมลสารทางอากาศรายเดือนในปี พ.ศ. 2556 ของเขตดินแดง

หมายเหตุ: หน่วยความเข้มข้นของแก๊ส SO₂, NO₂ และ O₃ คือ ppb แก๊ส CO คือ ppm และ PM₁₀ คือ µg/m³

1.4 สภาพอุตุนิยมวิทยา

จากการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างมลสารทางอากาศในบรรยากาศกับลักษณะทางอุตุนิยมวิทยา ในที่นี้ปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยาที่ทำการศึกษาประกอบด้วย ความเร็วลม (Windspeed), อุณหภูมิ (temperature), ความชื้นสัมพัทธ์ (Relative humidity), ความดันบรรยากาศ (Pressure) และปริมาณน้ำฝน (rain) โดยใช้ข้อมูลระหว่างเดือนมกราคมถึงธันวาคม ในปี พ.ศ. 2553 ถึง 2556 ดังตารางภาคผนวกที่ 1-12 และได้แบ่งการศึกษาออกเป็นรายปี โดยวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของมลสารทางอากาศ และข้อมูลทางอุตุนิยมวิทยาโดยใช้วิธีการหาสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน (Pearson's Correlation) ผลดังนี้

1.4.1 ผลของค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน ระหว่างมลสารทางอากาศกับสภาพอุตุนิยมวิทยาในเขตลาดพร้าว และเขตดินแดง ในปี พ.ศ. 2553-2556

จากข้อมูลเมื่อนำค่ามลสารทางอากาศ และข้อมูลทางอุตุนิยมวิทยาที่ตรวจวัดได้ โดยใช้วิธีการสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ได้ข้อมูลดังแสดงในตารางที่ 17-24

ตารางที่ 17 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างมลสารทางอากาศกับปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยาในเขต ลาดพร้าวปี พ.ศ. 2553 จากวิธีการหาสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน

มลสารทางอากาศ	ปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยา				
	Windspeed	Temp	Relhum	Pressure	Rain
SO ₂	-0.009	0.312	-0.494	0.506*	-0.381
NO ₂	-0.510*	-0.345	-0.821**	0.353	-0.563*
CO	-0.445	-0.478	-0.408	0.007	0.088
O ₃	-0.362	0.109	-0.582*	0.685*	-0.504*
PM ₁₀	-0.467	0.253	-0.552*	0.457	-0.588*

*. มีความสัมพันธ์ระดับปานกลาง

**. มีความสัมพันธ์ระดับสูง

ตารางที่ 18 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างมลสารทางอากาศกับปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยาในเขต ลาดพร้าวปี พ.ศ. 2554 จากวิธีการหาสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน

มลสารทางอากาศ	ปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยา				
	Windspeed	Temp	Relhum	Pressure	Rain
SO ₂	-0.760**	-0.025	-0.330	-0.012	-0.623*
NO ₂	-0.326	-0.196	-0.684*	-0.185	-0.605*
CO	0.177	-0.551*	-0.183	-0.207	0.029
O ₃	-0.743**	-0.271	-0.621*	-0.340	-0.737**
PM ₁₀	-0.597*	-0.214	-0.599*	-0.279	-0.665*

*. มีความสัมพันธ์ระดับปานกลาง

**. มีความสัมพันธ์ระดับสูง

ตารางที่ 19 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างมลสารทางอากาศกับปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยาในเขต
ลาดพร้าวปี พ.ศ. 2555 จากวิธีการหาสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน

มลสารทางอากาศ	ปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยา				
	Windspeed	Temp	Relhum	Pressure	Rain
SO ₂	0.185	0.013	0.099	-0.519*	0.099
NO ₂	0.649*	-0.645*	0.305	0.664*	0.073
CO	0.827**	-0.605*	0.293	-0.401	0.080
O ₃	-0.433	0.659*	-0.592*	0.166	-0.561*
PM ₁₀	0.525*	-0.138	-0.293	0.855**	-0.439

*. มีความสัมพันธ์ระดับปานกลาง

** . มีความสัมพันธ์ระดับสูง

ตารางที่ 20 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างมลสารทางอากาศกับปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยาในเขต
ลาดพร้าวปี พ.ศ. 2556 จากวิธีการหาสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน

มลสารทางอากาศ	ปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยา				
	Windspeed	Temp	Relhum	Pressure	Rain
SO ₂	0.244	-0.384	-0.225	0.223	-0.321
NO ₂	0.592*	-0.771**	-0.264	0.593*	-0.545*
CO	0.309	-0.533*	-0.404	0.679*	-0.501*
O ₃	-0.560*	0.325	-0.679*	0.597*	-0.246
PM ₁₀	-0.043	-0.273	-0.660*	0.897**	-0.698*

*. มีความสัมพันธ์ระดับปานกลาง

** . มีความสัมพันธ์ระดับสูง

ตารางที่ 21 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างมลสารทางอากาศกับปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยาในเขต
ดินแดงปี พ.ศ. 2553 จากวิธีการหาสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์

มลสารทางอากาศ	ปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยา				
	Windspeed	Temp	Relhum	Pressure	Rain
SO ₂	0.463	-0.499	-0.867**	0.565*	-0.710**
NO ₂	0.453	-0.663*	-0.804**	0.750**	-0.703**
CO	0.328	-0.909***	-0.048	0.877**	-0.049
O ₃	-0.178	0.679*	-0.327	-0.533*	-0.514*
PM ₁₀	0.456	-0.701**	-0.709**	0.781**	-0.690*

*. มีความสัมพันธ์ระดับปานกลาง

**. มีความสัมพันธ์ระดับสูง

***. มีความสัมพันธ์ระดับสูงมาก

ตารางที่ 22 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างมลสารทางอากาศกับปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยาในเขต
ดินแดงปี พ.ศ. 2554 จากวิธีการหาสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน

มลสารทางอากาศ	ปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยา				
	Windspeed	Temp	Relhum	Pressure	Rain
SO ₂	0.217	0.124	0.177	0.561*	-0.509*
NO ₂	0.928***	0.297	0.120	0.822**	-0.629*
CO	0.221	0.267	0.339	0.701**	-0.186
O ₃	-0.009	0.341	0.721**	0.415	-0.369
PM ₁₀	0.495	0.198	0.015	0.613*	-0.221

*. มีความสัมพันธ์ระดับปานกลาง

**. มีความสัมพันธ์ระดับสูง

***. มีความสัมพันธ์ระดับสูงมาก

ตารางที่ 23 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างมลสารทางอากาศกับปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยาในเขต
ดินแดงปี พ.ศ. 2555 จากวิธีการหาสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน

มลสารทางอากาศ	ปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยา				
	Windspeed	Temp	Relhum	Pressure	Rain
SO ₂	-0.264	-0.186	-0.017	0.007	0.062
NO ₂	-0.432	0.146	-0.349	0.770**	-0.230
CO	-0.561*	-0.373	-0.010	0.721**	0.108
O ₃	0.596*	0.850**	-0.401	-0.030	-0.530*
PM ₁₀	-0.102	0.040	-0.384	0.925***	-0.487

*. มีความสัมพันธ์ระดับปานกลาง

**. มีความสัมพันธ์ระดับสูง

***. มีความสัมพันธ์ระดับสูงมาก

ตารางที่ 24 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างมลสารทางอากาศกับปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยาในเขต
ดินแดงปี พ.ศ. 2556 จากวิธีการหาสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน

มลสารทางอากาศ	ปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยา				
	Windspeed	Temp	Relhum	Pressure	Rain
SO ₂	0.406	-0.655*	0.070	0.002	0.016
NO ₂	0.180	-0.464	-0.795**	0.825**	-0.272
CO	-0.167	-0.624*	-0.056	0.374	0.024
O ₃	-0.124	0.627*	-0.424	0.108	-0.310
PM ₁₀	0.307	-0.543*	-0.760**	0.856**	-0.316

*. มีความสัมพันธ์ระดับปานกลาง

**. มีความสัมพันธ์ระดับสูง

1.4.2 ปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยาที่มีต่อมลสารทางอากาศในเขตลาดพร้าว และเขตดินแดง ในปี พ.ศ. 2553-2556 สามารถสรุปได้ ดังนี้

ตารางที่ 25 ปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยาที่มีผลต่อความเข้มข้นมลสารทางอากาศเขตลาดพร้าวในปี พ.ศ. 2553-2556

ปี พ.ศ.	2553	2554	2555	2556
มลสารทางอากาศ				
SO ₂	Pressure (0.506 [*])	Windspeed (-0.760 ^{**}) Rain (-0.623 [*])	Pressure (-0.519 [*])	-
NO ₂	Relhum(-0.821 ^{**}) Windspeed (-0.510 [*]) Rain (-0.563 [*])	Relhum (-0.684 ^{**}) Rain (-0.605 [*])	Windspeed (0.649 [*]) Temp(-0.645 [*]) Pressure (0.664 [*])	Windspeed (0.592 [*]) Temp(-0.771 ^{**}) Pressure (0.593 [*]) Rain (-0.545 [*])
CO	-	Temp(-0.551 [*])	Windspeed(0.827 ^{**}) Temp(-0.605 [*])	Pressure (0.679 [*]) Temp(-0.533 [*]) Rain (-0.501 [*])
O ₃	Relhum (-0.582 [*]) Pressure (0.685 [*]) Rain (-0.504 [*])	Windspeed (-0.743 ^{**}) Relhum (-0.621 [*]) Rain (-0.737 ^{**})	Temp(0.659 [*]) Relhum (-0.592 [*]) Rain (-0.561 [*])	Relhum (-0.679 [*]) Pressure (0.597 [*]) Windspeed (-0.560 [*])
PM ₁₀	Rain (-0.588 [*]) Relhum (-0.552 [*])	Windspeed (-0.597 [*]) Relhum (-0.599 [*]) Rain (-0.665 [*])	Pressure (0.885 ^{**}) Windspeed (0.525 [*])	Relhum (0.660 [*]) Pressure (0.897 ^{**}) Rain (-0.698 [*])

*. มีความสัมพันธ์ระดับปานกลาง

** . มีความสัมพันธ์ระดับสูง

ตารางที่ 26 ปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยาที่มีผลต่อความเข้มข้นมลสารทางอากาศเขตดินแดงในปี พ.ศ.
2553-2556

ปี พ.ศ.	2553	2554	2555	2556
SO ₂	Relhum (-0.867 ^{**}) Rain (-0.710 ^{**}) Pressure (0.565 [*])	Pressure (0.561 [*]) Rain (-0.509 [*])	-	Temp(-0.655 [*])
NO ₂	Temp(-0.633 [*]) Relhum (-0.804 ^{**}) Pressure (0.750 ^{**}) Rain (-0.703 ^{**})	Windspeed (0.928 ^{***}) Pressure (0.822 ^{**}) Rain (-0.629 [*])	Pressure (0.770 ^{**})	Relhum (-0.795 ^{**}) Pressure (0.825 ^{**})
CO	Temp(-0.909 ^{***}) Pressure (0.877 ^{**})	Pressure (0.701 ^{**})	Pressure (0.721 ^{**}) Windspeed (-0.561 [*])	Temp(-0.624 [*])
O ₃	Temp(0.679 [*]) Pressure (0.533 [*]) Rain (-0.514 [*])	Relhum (0.721 ^{**})	Windspeed (0.596 [*]) Temp(0.850 ^{**}) Rain (-0.530 [*])	Temp(0.627 [*])
PM ₁₀	Temp(-0.701 ^{**}) Relhum (-0.709 ^{**}) Pressure (0.781 ^{**}) Rain (-0.690 [*])	Pressure (0.613 [*])	Pressure (0.925 ^{***}) Temp(0.543 [*])	Relhum (-0.760 ^{**}) Pressure (0.856 ^{**})

*. มีความสัมพันธ์ระดับปานกลาง

**. มีความสัมพันธ์ระดับสูง

***. มีความสัมพันธ์ระดับสูงมาก

เมื่อพิจารณาจากค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สัน ที่ได้จากรายการที่ 25 ของเขต
ลาดพร้าว และรายการที่ 26 ของเขตดินแดง พบว่าทุกปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยามีโอกาสมีผลต่อความ
เข้มข้นของมลสารทางอากาศ และพบว่าปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยามีผลต่อแก๊ส NO₂ สูงสุด เนื่องจากแก๊ส
NO₂ สามารถเกิดขึ้นได้จากสาเหตุอื่นนอกเหนือจากการจราจร อาจเกิดจากปรากฏการณ์ธรรมชาติ เช่น
ฟ้าผ่า ฟ้าแลบ และนอกจากนี้ยังเกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ เช่น การใช้ความร้อนสูงในหม้อต้มหรือ
ในกระบวนการผลิตในอุตสาหกรรม ทำให้ แก๊ส NO₂ ที่ตรวจวัดได้มีความเข้มข้นสูง

ปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยาเป็นปัจจัยหลักที่ส่งผลต่อความความแปรปรวนของความเข้มข้นของมลสารทางอากาศในบรรยากาศ ตามหลักการมลสารทางอากาศจะแปรผกผันหรือมีความสัมพันธ์เชิงลบกับ ความเร็วลม อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และปริมาณน้ำฝน กล่าวคือเมื่อความเร็วลม อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และปริมาณน้ำฝนมีค่าสูง ความเข้มข้นของมลสารทางอากาศจะมีค่าต่ำ เนื่องจากความเร็วลมสูง ความเร็วลมจะพัดพาให้มลสารทางอากาศ กระจายตัวได้ดี ในอากาศตามความเร็วลม และเมื่ออุณหภูมิสูงท้องฟ้าโปร่งมลสารทางอากาศจะสามารถถ่ายเท หรือกระจายตัวได้ดีจึงทำให้ความเข้มข้นของมลสารทางอากาศ ในบรรยากาศเจือจางลง และเมื่อมีความชื้นสัมพัทธ์สูง ปริมาณน้ำฝนมาก ความเข้มข้นของมลสารทางอากาศจะต่ำลง เนื่องจากปริมาณน้ำฝนที่ตกลงมาจะไปเจือจางมลสารทางอากาศ ในบรรยากาศ และเกิดกระบวนการตกตะกอน ทำให้นำพามลสารทางอากาศตกลงสู่พื้นดินความเข้มข้นของมลสารทางอากาศที่ตรวจวัดได้จึงมีค่าต่ำ

นอกจากนี้ตามหลักการมลสารทางอากาศจะแปรผันโดยตรงหรือมีความสัมพันธ์เชิงบวกอย่างมีนัยสำคัญกับ ความดันบรรยากาศ นั่นคือ เมื่อความดันบรรยากาศสูง ความเข้มข้นของมลสารทางอากาศจะสูงด้วยอธิบายได้ว่า เมื่อความดันบรรยากาศสูงอากาศจะเกิดการจมตัว จึงทำให้มลสารทางอากาศเกิดการกระจายตัวในอากาศได้ไม่ดี อีกทั้งหากความดันบรรยากาศสูงสภาพอากาศจะเกิด inversion ซึ่งจะทำให้เกิดการกักเก็บมลสารทางอากาศให้อยู่ในระดับต่ำกว่า inversion และขัดขวางการคลุกเคล้าของมวลอากาศในแนวดิ่ง และความเร็วลมมีผลต่อชั้นบรรยากาศใกล้ผิวดิน คือถ้าความเร็วลมสูงจะทำให้ความกว้างของชั้นบรรยากาศใกล้ผิวดินลดลง และการไหลของอากาศในชั้นนี้จะเปลี่ยนจากการไหลแบบราบเรียบเป็นการไหลแบบปั่นป่วน จึงทำให้ความเข้มข้นของมลสารทางอากาศที่ตรวจวัดได้มีค่าสูง

จากผลการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างมลภาวะทางอากาศกับปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยาในเขตดินแดง และเขตลาดพร้าวสามารถอธิบายได้ ดังนี้

1) ความสัมพันธ์ระหว่าง แก๊ส SO_2 กับปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยาอธิบายได้ ดังนี้ ความสัมพันธ์ระหว่าง SO_2 กับความเร็วลม ปริมาณน้ำฝน ความชื้นสัมพัทธ์ และอุณหภูมิ พบว่า มีความสัมพันธ์แบบแปรผกผันหรือมีความสัมพันธ์เชิงลบ และ SO_2 มีความสัมพันธ์ทางบวกอย่างมีนัยสำคัญกับความดันบรรยากาศซึ่งถูกต้องตามหลักการที่ได้กล่าวไว้ข้างต้น

2) ความสัมพันธ์ระหว่าง แก๊ส NO_2 กับปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยาอธิบายได้ ดังนี้ ความสัมพันธ์ระหว่าง NO_2 กับความเร็วลม ปริมาณน้ำฝน ความชื้นสัมพัทธ์ และอุณหภูมิ พบว่า มีความสัมพันธ์แบบแปรผกผันหรือมีความสัมพันธ์กันในเชิงลบ และ NO_2 มีความสัมพันธ์ทางบวกอย่างมีนัยสำคัญกับความดันบรรยากาศซึ่งถูกต้องตามหลักการที่ได้กล่าวไว้ข้างต้น แต่จะพบว่าในปี พ.ศ. 2554 ในเขตดินแดง และในปี พ.ศ. 2555-2556 ในเขตลาดพร้าวพบว่าความเร็วลมมีความสัมพันธ์ทางบวกอย่างมีนัยสำคัญกับ NO_2 ซึ่งไม่เป็นไปตามหลักการ อาจเนื่องมาจากปัจจัยเสริม เช่น ลักษณะที่ตั้งของสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศทั้งสองพื้นที่ดังที่ได้กล่าวไว้แล้วในข้อ 1.2 จึงทำให้ค่าความเร็วลม หรือมลสารทางอากาศ ที่ตรวจวัดได้เกิดความคลาดเคลื่อน

3) ความสัมพันธ์ระหว่าง แก๊ส CO กับปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยาอธิบายได้ ดังนี้ ความสัมพันธ์ระหว่าง CO กับ ความเร็วลม ปริมาณน้ำฝน และอุณหภูมิ พบว่า มีความสัมพันธ์แบบแปรผกผันหรือมีความสัมพันธ์กันในเชิงลบ และ CO มีความสัมพันธ์ทางบวกอย่างมีนัยสำคัญกับความดันบรรยากาศซึ่งถูกต้องตามหลักการที่ได้กล่าวไว้ข้างต้น แต่จะพบว่าในปี พ.ศ. 2555 ในเขตดินแดง พบว่าความเร็วลมมีความสัมพันธ์ทางบวกอย่างมีนัยสำคัญกับ CO ซึ่งไม่เป็นไปตามหลักการ อาจเนื่องมาจากปัจจัยเสริมอื่นๆ เช่น ลักษณะที่ตั้งของสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศทั้งสองพื้นที่ดังที่ได้กล่าวไว้แล้วในข้อ 1.2 จึงทำให้ค่าความเร็วลม หรือมลสารทางอากาศ ที่ตรวจวัดได้เกิดความคลาดเคลื่อน

4) ความสัมพันธ์ระหว่าง แก๊ส O_3 กับปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยาอธิบายได้ ดังนี้ ความสัมพันธ์ระหว่าง O_3 กับ ความเร็วลม ปริมาณน้ำฝน และความชื้นสัมพัทธ์ พบว่า มีความสัมพันธ์แบบแปรผกผันหรือมีความสัมพันธ์กันในเชิงลบ และ O_3 มีความสัมพันธ์เชิงบวกอย่างมีนัยสำคัญกับความดันบรรยากาศซึ่งถูกต้องตามหลักการที่ได้กล่าวไว้ข้างต้น แต่จะพบว่าอุณหภูมิในปี พ.ศ. 2555 ในเขตดินแดง และในปีพ.ศ. 2553, 2555 และ 2556 ในเขตลาดพร้าวมีความสัมพันธ์ทางบวกอย่างมีนัยสำคัญกับ O_3 ซึ่งไม่เป็นไปตามหลักการที่ได้กล่าวไว้ และนอกจากนี้ยังพบว่าความชื้นสัมพัทธ์ในปี พ.ศ. 2554 และความเร็วลมในปี พ.ศ. 2555 .ในเขตลาดพร้าว มีความสัมพันธ์ทางบวกอย่างมีนัยสำคัญกับ O_3 ซึ่งไม่เป็นไปตามหลักการที่ได้กล่าวไว้เช่นกัน อาจเนื่องมาจากปัจจัยเสริม เช่น ลักษณะที่ตั้งของสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศทั้งสองพื้นที่ดังที่ได้กล่าวไว้ในข้อ 1.2 จึงทำให้อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และความเร็วลม หรือมลสารทางอากาศ ที่ตรวจวัดได้เกิดความคลาดเคลื่อน

5) ความสัมพันธ์ระหว่าง PM_{10} กับปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยาอธิบายได้ ดังนี้ ความสัมพันธ์ระหว่าง PM_{10} กับ ความเร็วลม ปริมาณน้ำฝน ความชื้นสัมพัทธ์ และอุณหภูมิ พบว่ามีความสัมพันธ์แบบแปรผกผันหรือมีความสัมพันธ์กันในเชิงลบ และ PM_{10} มีความสัมพันธ์เชิงบวกอย่างมีนัยสำคัญกับความดันบรรยากาศซึ่งถูกต้องตามหลักการที่ได้กล่าวไว้ข้างต้น แต่จะพบว่า ความเร็วลมในปี พ.ศ. 2555 และความชื้นสัมพัทธ์ในปี พ.ศ. 2556 ในเขตดินแดง มีความสัมพันธ์เชิงบวกอย่างมีนัยสำคัญกับ PM_{10} ซึ่งไม่เป็นไปตามหลักการที่ได้กล่าวไว้ข้างต้น และนอกจากนี้ยังพบว่า ในปี พ.ศ. 2555 ในเขตลาดพร้าวอุณหภูมิมีความสัมพันธ์เชิงบวกอย่างมีนัยสำคัญกับ PM_{10} ซึ่งไม่เป็นไปตามหลักการที่ได้กล่าวไว้เช่นกัน ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากปัจจัยเสริม เช่น ลักษณะที่ตั้งของสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศทั้งสองพื้นที่ดังที่ได้กล่าวไว้ในข้อ 1.2 จึงทำให้ค่าความเร็วลม ความชื้นสัมพัทธ์ อุณหภูมิ หรือมลสารทางอากาศ ที่ตรวจวัดได้ อาจเกิดความคลาดเคลื่อนได้เช่นกัน

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

การศึกษาความผันแปรของปริมาณมลสารทางอากาศ ในบรรยากาศในเขตดินแดง และเขตลาดพร้าว รวมทั้งการหาความสัมพันธ์ระหว่างมลสารทางอากาศกับปัจจัยทางด้านอุตุนิยมวิทยาด้วยวิธีหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สัน สามารถสรุปผลการศึกษาได้เป็น 4 ส่วนคือ ส่วนที่ 1 ความผันแปรของปริมาณมลสารทางอากาศในบรรยากาศจากการศึกษาปริมาณมลสารต่างๆ ที่ทำการตรวจวัด SO_2 , NO_2 , CO , O_3 และ PM_{10} จากทั้ง 2 สถานีพบว่า มลสารทางอากาศทั้ง 5 ชนิดมีแนวโน้มลดลงจากปี พ.ศ. 2553 ส่วนที่ 2 การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของมลสารทางอากาศทั้ง 2 พื้นที่พบว่าในเขตดินแดงมีความเข้มข้นของ NO_2 , CO และ PM_{10} สูงกว่าเขตลาดพร้าว ส่วนเขตลาดพร้าวมีความเข้มข้นของ SO_2 และ O_3 สูงกว่าเขตดินแดง ส่วนที่ 3 เมื่อพิจารณาแยกเป็นช่วงฤดูแล้ง และฤดูฝน พบว่าปริมาณมลสารในบรรยากาศจะแปรผกผันกับปริมาณน้ำฝน โดยในช่วงฤดูแล้งเดือนตุลาคม-กลางเดือนพฤษภาคม จะมีปริมาณมลสารที่ตรวจวัดได้สูงกว่าปลายเดือนพฤษภาคม-เดือนกันยายนของทุกปี ซึ่งเป็นฤดูฝน และส่วนที่ 4 ความสัมพันธ์ระหว่างมลภาวะทางอากาศกับปัจจัยทางด้านอุตุนิยมวิทยาพบว่าความเร็วลม อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ความดันบรรยากาศ และปริมาณน้ำฝน ส่งผลต่อความเข้มข้นของมลสารทางอากาศอย่างมีนัยสำคัญ และผลการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างมลสารทางอากาศกับสภาพอุตุนิยมวิทยาโดยใช้สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน พบว่าทุกปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยามีโอกาสมีผลต่อความเข้มข้นของมลสารทางอากาศ และพบว่าปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยาที่มีผลต่อแก๊ส NO_2 สูงสุด เนื่องจากแก๊ส NO_2 สามารถเกิดขึ้นได้ง่าย ทั้งเกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ และจากกิจกรรมของมนุษย์ ซึ่งทั้ง 2 สถานี สามารถสรุปได้ ดังนี้

เมื่อนำปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยาที่มีผลต่อมลสารทางอากาศทั้ง 2 สถานีมาพิจารณาพบว่าปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยาที่มีผลต่อมลสารทางอากาศในทิศทางเดียวกันทั้ง 2 สถานีตรวจวัด ได้แก่ NO_2 มีความความสัมพันธ์กันในลักษณะแปรผกผันกับอุณหภูมิ และปริมาณน้ำฝนที่ระดับปานกลาง CO มีความความสัมพันธ์เชิงบวกอย่างมีนัยสำคัญกับความดันบรรยากาศที่ระดับปานกลาง และ O_3 มีความความสัมพันธ์เชิงบวกอย่างมีนัยสำคัญกับอุณหภูมิที่ระดับปานกลาง ส่วน PM_{10} มีความสัมพันธ์กันในลักษณะแปรผกผันกับปริมาณน้ำฝนที่ระดับปานกลาง แต่มีความความสัมพันธ์เชิงบวกอย่างมีนัยสำคัญกับความดันบรรยากาศที่ระดับสูง

ข้อเสนอแนะ

ควรมีการศึกษาแบบจำลองมลสารทางอากาศจากทั้ง 2 พื้นที่เพื่อใช้เป็นข้อมูลเฝ้าระวังมลสารทางอากาศที่จะเกิดขึ้นในอนาคต และควรมีการศึกษาถึงอิทธิพลของแหล่งกำเนิดมลสารทางอากาศที่มีอิทธิพลต่อปริมาณมลสารที่เกิดขึ้น เพราะระดับความรุนแรงของปัญหามลสารทางอากาศขึ้นอยู่กับแหล่งกำเนิด จำนวนแหล่งกำเนิด และปริมาณที่ปล่อยออกมา ดังนั้นควรมีการศึกษาถึงอิทธิพลของแหล่งกำเนิดมลสารทางอากาศซึ่งถือเป็นสิ่งสำคัญเนื่องจากจะได้เป็นข้อมูลเพิ่มเติมในการจัดการมลสารทางอากาศที่เกิดขึ้นได้

ข้อมูลอุตุนิยมวิทยาเป็นข้อมูลที่สำคัญในการศึกษา ซึ่งอาจมีการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ โดยเฉพาะพื้นที่ตั้งของสถานี ซึ่งมีต้นไม้ใหญ่ปกคลุมจึงส่งผลต่อความเข้มข้นของมลสารทางอากาศหรือข้อมูลอุตุนิยมวิทยา เช่น ส่งผลต่อปริมาณน้ำฝนที่ตรวจวัดได้ และนอกจากนี้ยังมีอาคารขนาดใหญ่ขนาดใหญ่ด้านหลัง และด้านข้างทั้ง 2 สถานีซึ่งส่งผลต่อ ความเร็วลม ทิศทางการเคลื่อนที่ของลม เนื่องจากอาคารเหล่านี้จะขัดขวางการเคลื่อนที่ และเป็นแนวปะทะของลมทำให้ข้อมูลที่ทำการตรวจวัดได้คลาดเคลื่อน จึงควรมีการจัดการดูแลพื้นที่บริเวณสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศอย่างสม่ำเสมอเพื่อไม่ให้ข้อมูลที่ทำการตรวจวัดคลาดเคลื่อน

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

กรมควบคุมมลพิษ. 2550. หลักการตรวจวัด และขั้นตอนการเปรียบเทียบสำหรับการตรวจวัดคุณภาพอากาศ. พิมพ์ครั้งที่ 1. บริษัท สหมิตรพรินต์ติ้งแอนด์พับลิชชิ่ง จำกัด, กรุงเทพฯ.

กรมอุตุนิยมวิทยา. 2557. ความรู้อุตุนิยมวิทยา, กรมอุตุนิยมวิทยา แหล่งที่มา:
<http://www.tmd.go.th/info/info.>, 10 พฤศจิกายน 2556.

กุลธิดา ตระสินธุ์. 2547. มลพิษอากาศที่บุคคลได้รับจากการเดินทาง และการจราจรในเขตเทศบาลนครราชสีมา. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

คนัย จิตตธรรม. 2530. ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของไอโซน ไฮโดรคาร์บอน ไนโตรเจนออกไซด์กับการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์ในกรุงเทพมหานคร. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ธิดารัตน์ แก้วประสงค์. 2550. ผลของอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และปริมาณการจราจรต่อความเข้มข้นของสารกรดในบรรยากาศบริเวณการจราจรหนาแน่น, น. 58-64. ใน รายงานการประชุมวิชาการด้านพลังงานสิ่งแวดล้อมและวัสดุ. ครั้งที่ 1. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, กรุงเทพฯ.

นิตยา เลาหะจินดา. 2551. นิเวศวิทยา พื้นฐานสิ่งแวดล้อมศึกษา. พิมพ์ครั้งที่ 2. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

นิพนธ์ ตังคณานุกรักษ์ และคณิตา ตังคณานุกรักษ์. 2552. เคมีบรรยากาศ. พิมพ์ครั้งที่ 1. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

พงษ์เสวต สุวรรณธานี. 2544. การจำแนกสัดส่วนแหล่งกำเนิดของอนุภาคมลสารรวมทั้งหมดในพื้นที่กรุงเทพมหานคร. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

โยธิน สุริยพงศ์. 2542. มลพิษสิ่งแวดล้อม. พิมพ์ครั้งที่ 1. สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

รังสรรค์ อากาศพิษกุล. 2547. **อุตุนิยมวิทยาเบื้องต้น**. พิมพ์ครั้งที่ 1. สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

ราชบัณฑิตยสถาน. 2523. **พจนานุกรมศัพท์ภูมิศาสตร์ ฉบับราชบัณฑิตยสถาน**. สำนักพิมพ์ หจก. นนทชัย, กรุงเทพฯ.

รุจิพรรณ รุ่งรอด. 2539. **ลมฟ้าอากาศ**. สำนักพิมพ์ฟิสิกส์เซ็นเตอร์, กรุงเทพฯ.

วงศ์พันธ์ ลิ้มปเสนีย์, นิตนา มหาผล และ ชีระ เกรอต. 2543. **มลภาวะทางอากาศ**. พิมพ์ครั้งที่ 6 สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

_____. 2538. **มลภาวะอากาศ**. พิมพ์ครั้งที่ 1. สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

วิไลลักษณ์ ตั้งเจริญ. 2540. **อุตุนิยมวิทยา**. พิมพ์ครั้งที่ 1. โรงพิมพ์ทิพย์วิสุทธิ์, กรุงเทพฯ.

ศิริชัย พงษ์วิชัย. 2556. **การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วยคอมพิวเตอร์**. พิมพ์ครั้งที่ 24. สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ

สุรัตน์ บัวเลิศ. 2547. **คู่มือประกอบการสอนวิชา Fundamental Air Pollution**. พิมพ์ครั้งที่ 1. สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

สุวพันธ์ นิลายน. 2545. **อุตุนิยมวิทยา**. พิมพ์ครั้งที่ 3. สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

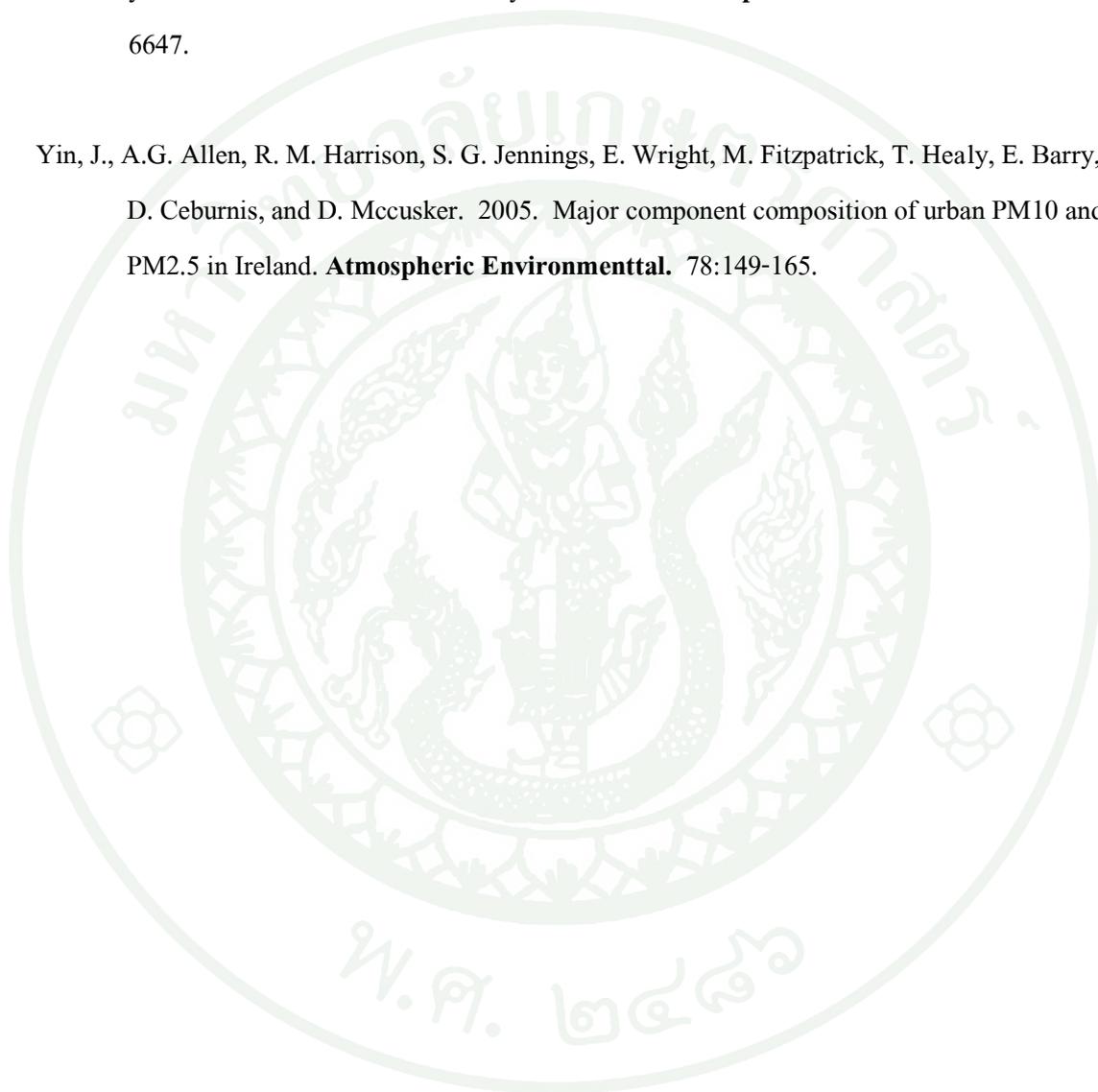
อรุบล โชติพงศ์. 2541. **การศึกษาปริมาณฝุ่นละอองที่มีผลกระทบต่อระบบการหายใจ**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

Adam, H.S., Nieuwenhuijsen, M.J., Colville, R.N.(2001). Determinants of Fine Particle Personal Exposure Level in Transport Microenvironments, London, UK. **Atmospheric Environment**. 35(27) : 4557-4566.

Chan, L.Y. and W.S. Kwork. 2000. Vertical dispersion of suspended particulate in urban area of Hongkong. **Atmospheric Environment**. 34: 4403-4412.

Costabile, F. and I. Allerini. 2007. Measurement and analyses of nitrogen oxides and ozone in the yard and on the roof of a street-canyon in Suzou. **Atmospheric Environment** 41: 6637-6647.

Yin, J., A.G. Allen, R. M. Harrison, S. G. Jennings, E. Wright, M. Fitzpatrick, T. Healy, E. Barry, D. Ceburnis, and D. Mccusker. 2005. Major component composition of urban PM10 and PM2.5 in Ireland. **Atmospheric Environment**. 39:149-165.





ตารางผนวกที่ 1 ค่าเฉลี่ยความเร็วลม พ.ศ. 2553-2556 ในเขตลาดพร้าว

เดือน/ปี	ความเร็วลม m/s				ลักษณะความเร็วลม
	2553	2554	2555	2556	
มกราคม	1.09	0.67	0.9	1.10	ลมเบา
กุมภาพันธ์	0.9	0.78	0.97	1.03	ลมเบา
มีนาคม	0.99	0.94	0.76	0.87	ลมเบา
เมษายน	0.99	0.67	1.02	0.97	ลมเบา
พฤษภาคม	1.25	0.9	1.19	0.96	ลมเบา
มิถุนายน	1.56	1.01	-	1.15	ลมเบา
กรกฎาคม	1.35	1.02	-	1.25	ลมเบา
สิงหาคม	1.20	1.17	0.93	1.19	ลมเบา
กันยายน	1.05	1.36	1.03	1.24	ลมเบา
ตุลาคม	1.02	1.45	1.29	1.29	ลมเบา
พฤศจิกายน	1.03	1.02	1.33	1.23	ลมเบา
ธันวาคม	1	1.07	1.38	1.23	ลมเบา
ค่าเฉลี่ย	1.12	1.01	1.08	1.13	ลมเบา

หมายเหตุ: - หมายถึงเครื่องมือขัดข้อง

ตารางผนวกที่ 2 ค่าเฉลี่ยทิศทางลม พ.ศ. 2553-2556 ในเขตลาดพร้าว

เดือน/ปี	ทิศทางลม at 10 m (Deg.M)			
	2553	2554	2555	2556
มกราคม	225.75	31.33	30.05	144.92
กุมภาพันธ์	198.05	30.32	31.35	147.42
มีนาคม	192.18	26.92	32.57	133.16
เมษายน	193.89	31.33	33.29	139.08
พฤษภาคม	194.95	31.55	32.46	151.64

ตารางผนวกที่ 2 (ต่อ)

เดือน/ปี	ทิศทางลม at 10 m (Deg.M)			
	2553	2554	2555	2556
มิถุนายน	194.44	31.27	-	173.61
กรกฎาคม	228.75	30.49	-	187.96
สิงหาคม	246.00	30.71	28.99	183.94
กันยายน	210.17	30.33	28.12	181.08
ตุลาคม	190.56	29.14	29.7	160.68
พฤศจิกายน	188.74	31.84	29.35	157.18
ธันวาคม	161.58	28.84	29.68	159.18
ค่าเฉลี่ย	202.09	30.34	30.56	159.99

หมายเหตุ: - หมายถึงเครื่องมือขัดข้อง

ตารางผนวกที่ 3 ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิ พ.ศ. 2553-2556 ในเขตลาดพร้าว

เดือน/ปี	อุณหภูมิ			
	2553	2554	2555	2556
มกราคม	28.13	31.33	30.05	28.34
กุมภาพันธ์	29.93	30.32	31.35	30.08
มีนาคม	30.78	26.92	32.57	30.33
เมษายน	32.24	31.33	33.29	31.10
พฤษภาคม	31.85	31.55	32.46	31.51
มิถุนายน	31.42	31.27	-	29.56
กรกฎาคม	30.24	30.49	-	29.02
สิงหาคม	30.20	30.71	28.99	29.07
กันยายน	29.22	30.33	28.12	28.40
ตุลาคม	29.11	29.14	29.7	29.05
พฤศจิกายน	30.35	31.84	29.35	29.39

ตารางผนวกที่ 3 (ต่อ)

เดือน/ปี	อุณหภูมิ			
	2553	2554	2555	2556
ธันวาคม	29.44	28.84	29.68	28.34
ค่าเฉลี่ย	30.24	30.34	30.56	29.52

หมายเหตุ: - หมายถึงเครื่องมือขาดข้อง

ตารางผนวกที่ 4 ค่าเฉลี่ยความชื้นสัมพัทธ์ พ.ศ. 2553-2556 ในเขตลาดพร้าว

เดือน/ปี	ความชื้นสัมพัทธ์			
	2553	2554	2555	2556
มกราคม	60.35	66.71	62.06	59.25
กุมภาพันธ์	61.35	62.65	64.08	62.08
มีนาคม	60.66	59.25	60.99	65.11
เมษายน	62.27	66.71	60.74	63.60
พฤษภาคม	65.99	66.1	61.99	64.06
มิถุนายน	64.63	66.11	-	76.71
กรกฎาคม	68.47	68.2	-	70.58
สิงหาคม	71.00	67.16	68.22	71.26
กันยายน	72.74	68.2	74.18	75.69
ตุลาคม	68.89	72.97	66.9	71.00
พฤศจิกายน	55.7	55.94	69.3	64.85
ธันวาคม	58.88	53.73	60.97	62.14
เฉลี่ย	64.24	65.45	64.94	67.19

หมายเหตุ: - หมายถึงเครื่องมือขาดข้อง

ตารางผนวกที่ 5 ค่าเฉลี่ยความกดอากาศ พ.ศ. 2553-2556 ในเขตลาดพร้าว

เดือน/ปี	ความกดอากาศ			
	2553	2554	2555	2556
มกราคม	760.83	759.94	761.35	762.35
กุมภาพันธ์	759.95	757.33	760.43	761.43
มีนาคม	759.76	693.14	760.37	761.07
เมษายน	758.86	759.94	759.59	759.43
พฤษภาคม	756.79	758.89	758.1	758.91
มิถุนายน	757.01	757.97	-	757.44
กรกฎาคม	756.86	758.01	-	757.88
สิงหาคม	758.00	758.67	758.49	758.28
กันยายน	758.52	758.61	758.94	758.70
ตุลาคม	755.84	759.84	760.6	760.83
พฤศจิกายน	757.68	760.51	760.74	761.19
ธันวาคม	756.7	762.3	761.22	761.29
เฉลี่ย	758.07	753.76	759.98	759.90

หมายเหตุ: - หมายถึงเครื่องมือขัดข้อง

ตารางผนวกที่ 6 ค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำฝน พ.ศ. 2553-2556 ในเขตลาดพร้าว

เดือน/ปี	ปริมาณน้ำฝน			
	2553	2554	2555	2556
มกราคม	0.00	0.16	0.07	0.00
กุมภาพันธ์	0.00	0.06	0.04	0.00
มีนาคม	0.00	0.23	0.02	0.00
เมษายน	0.01	0.16	0.11	0.01
พฤษภาคม	0.36	0.31	0.04	0.36
มิถุนายน	0.23	0.42	-	0.23

ตารางผนวกที่ 6 (ต่อ)

เดือน/ปี	ปริมาณน้ำฝน			
	2553	2554	2555	2556
กรกฎาคม	0.47	0.48	-	0.47
สิงหาคม	0.00	0.50	0.26	0.00
กันยายน	0.55	0.45	0.75	0.55
ตุลาคม	0.32	0.98	0.16	0.32
พฤศจิกายน	0.01	0	0.15	0.01
ธันวาคม	0.03	0	0.05	0.03
ค่าเฉลี่ย	0.17	0.31	0.17	0.17

หมายเหตุ: - หมายถึงเครื่องมือขัดข้อง

ตารางผนวกที่ 7 ค่าเฉลี่ยความเร็วลม พ.ศ. 2553-2556 ในเขตดินแดง

เดือน/ปี	ความเร็วลม m/s				ลักษณะความเร็วลม
	2553	2554	2555	2556	
มกราคม	0.65	0.99	0.63	0.36	ลมเบา
กุมภาพันธ์	0.06	0.67	0.58	0.30	ลมเบา
มีนาคม	0.8	0.75	0.60	0.47	ลมเบา
เมษายน	0.77	0.58	0.65	0.48	ลมเบา
พฤษภาคม	0.7	0.57	0.63	0.40	ลมเบา
มิถุนายน	0.63	0.56	0.64	0.37	ลมเบา
กรกฎาคม	0.6	0.59	0.56	0.38	ลมเบา
สิงหาคม	0.69	0.5	0.38	0.38	ลมเบา
กันยายน	0.66	0.5	0.19	0.31	ลมเบา
ตุลาคม	0.75	0.56	0.37	0.46	ลมเบา
พฤศจิกายน	0.88	0.69	0.32	0.68	ลมเบา
ธันวาคม	0.88	1.62	0.4	0.63	ลมเบา
ค่าเฉลี่ย	0.67	0.72	0.50	0.44	ลมเบา

ตารางผนวกที่ 8 ค่าเฉลี่ยทิศทางลม พ.ศ. 2553-2556 ในเขตดินแดง

เดือน/ปี	ทิศทางลม at 10 m (Deg.M)			
	2553	2554	2555	2556
มกราคม	133.32	119.29	142.3	125.45
กุมภาพันธ์	195.27	176.53	171.63	135.61
มีนาคม	174.86	146.56	180.02	185.10
เมษายน	192.76	176.59	182.93	188.92
พฤษภาคม	190.01	179.78	200.89	188.71
มิถุนายน	194.42	204.04	213.06	186.27
กรกฎาคม	197.97	211.51	204.87	203.65
สิงหาคม	180.51	206.39	193.97	199.37
กันยายน	159.79	217.6	125.69	165.99
ตุลาคม	147.65	107.79	107.71	118.53
พฤศจิกายน	95.59	88.4	124.66	102.08
ธันวาคม	157.32	90.14	85.09	128.32
ค่าเฉลี่ย	168.29	160.39	161.07	160.67

ตารางผนวกที่ 9 ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิ พ.ศ. 2553-2556 ในเขตดินแดง

เดือน/ปี	อุณหภูมิ			
	2553	2554	2555	2556
มกราคม	28.56	27.67	28.61	29.23
กุมภาพันธ์	30.18	29.14	29.46	30.86
มีนาคม	31.01	27.77	31.41	31.69
เมษายน	32.16	30.03	32.06	32.63
พฤษภาคม	31.91	30.47	31.35	32.57
มิถุนายน	31.48	30.19	30.47	30.62
กรกฎาคม	30.2	29.43	29.64	30.22
สิงหาคม	29.44	29.1	29.69	30.32

ตารางผนวกที่ 9 (ต่อ)

เดือน/ปี	อุณหภูมิ			
	2553	2554	2555	2556
กันยายน	29.55	0	28.42	29.46
ตุลาคม	28.55	28.55	30.12	29.95
พฤศจิกายน	28.12	30.17	29.95	30.95
ธันวาคม	28.48	26.51	30.25	27.85
ค่าเฉลี่ย	29.97	26.59	30.12	30.53

ตารางผนวกที่ 10 ค่าเฉลี่ยความชื้นสัมพัทธ์ พ.ศ. 2553-2556 ในเขตดินแดง

เดือน/ปี	ความชื้นสัมพัทธ์			
	2553	2554	2555	2556
มกราคม	71.80	70.26	70.79	58.25
กุมภาพันธ์	74.40	85.39	73.25	61.60
มีนาคม	68.06	91.09	68.42	66.25
เมษายน	70.8	95.34	66.89	64.72
พฤษภาคม	73.83	79.72	69.24	65.17
มิถุนายน	73.33	75.16	70.27	71.14
กรกฎาคม	78.66	74.8	74	69.20
สิงหาคม	80.3	76	72.92	69.64
กันยายน	79.79	77.57	82.49	74.93
ตุลาคม	79.26	80.62	74.87	70.10
พฤศจิกายน	63.25	62.7	75.82	65.20
ธันวาคม	58.17	60.36	58.62	55.92
เฉลี่ย	72.64	77.42	71.47	66.01

ตารางผนวกที่ 11 ค่าเฉลี่ยความดันบรรยากาศ พ.ศ. 2553-2556 ในเขตดินแดง

เดือน/ปี	ความกดอากาศ			
	2553	2554	2555	2556
มกราคม	758.29	757.43	756.82	757.72
กุมภาพันธ์	751.26	756.56	755.89	756.66
มีนาคม	752.38	756.83	755.88	757.15
เมษายน	752.16	756.41	755.42	755.70
พฤษภาคม	752.29	754.83	753.17	754.86
มิถุนายน	752.23	754.11	753.16	753.41
กรกฎาคม	752.31	753.84	753.57	753.91
สิงหาคม	754.2	754.47	754.19	754.31
กันยายน	755.11	754.41	754.73	754.76
ตุลาคม	755.11	755.87	756.82	757.00
พฤศจิกายน	756.66	756.76	756.72	757.33
ธันวาคม	755.93	757.58	756.71	758.10
เฉลี่ย	753.99	755.76	755.26	755.91

ตารางผนวกที่ 12 ค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำฝน พ.ศ. 2553-2556 ในเขตดินแดง

เดือน/ปี	ปริมาณน้ำฝน			
	2553	2554	2555	2556
มกราคม	0.00	0	0.15	0.10
กุมภาพันธ์	0.41	0.03	0.07	0.03
มีนาคม	0.03	0.27	0.02	0.13
เมษายน	0.02	0.18	0.08	0.15
พฤษภาคม	0.25	0.42	0.23	0.25
มิถุนายน	0.29	0.36	0.17	0.24
กรกฎาคม	0.59	0.33	0.22	0.15
สิงหาคม	0.46	0.46	0.15	0.21
กันยายน	0.43	0.5	0.58	0.27

ตารางผนวกที่ 12 (ต่อ)

เดือน/ปี	ปริมาณน้ำฝน			
	2553	2554	2555	2556
ตุลาคม	0.43	0.67	0.23	0.55
พฤศจิกายน	0.04	0.02	0.15	0.07
ธันวาคม	0.02	0	0	0.00
เฉลี่ย	0.25	0.27	0.17	0.18

ประวัติการศึกษาและการทำงาน

ชื่อ – นามสกุล	นางสาวกรรณิกา จันทะล่อม
วัน เดือน ปี ที่เกิด	12 มิถุนายน 2526
สถานที่เกิด	จังหวัดมหาสารคาม
ประวัติการศึกษา	วิทยาศาสตรบัณฑิต (วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม) มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
ตำแหน่งหน้าที่การงานปัจจุบัน	นักวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	บริษัท เอิร์ธ แอนด์ ซัน จำกัด
ผลงานดีเด่นและรางวัลทางวิชาการ	-
ทุนการศึกษาที่ได้รับ	-