



การประเมินค่าการปนเปื้อนของฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมโครเมตร (PM₁₀) ในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ศูนย์พระนครเหนือ

The Assessment of Particulate Matter less than 10 μm (PM₁₀) at Rajamangala University of Technology Phra Nakhon, North Phra Nakhon Campus

โดย
นางสาววรรณุช ดีละมัน
ดร.กัลทิมา เขาว์ชาญชัยกุล
ดร.ปิยะพงษ์ ปานแก้ว

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากงบประมาณเงินรายได้
ประจำปีงบประมาณ 2558 คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

บทคัดย่อ

การศึกษาครั้งนี้ ทำการเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร (PM₁₀) ในชั้นบรรยากาศ จำนวน 7 สถานี โดยทำการเก็บตัวอย่างเป็นเวลา 24 ชั่วโมงต่อสถานีภายในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ศูนย์พระนครเหนือ รวมทั้งสิ้น 7 ตัวอย่าง ในช่วงเดือนมกราคม 2558 ถึงเมษายน 2558 เพื่อศึกษาปริมาณค่าความเข้มข้นของฝุ่นละอองผลจากการศึกษาพบว่าค่าความเข้มข้นของ PM₁₀ มีค่าอยู่ในช่วง 0.06 – 0.16 mg/m³ ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.09 mg/m³ โดยบริเวณที่พบค่าสูงสุด คือบริเวณหน้ามหาวิทยาลัย ซึ่งเมื่อนำค่าที่ได้มาเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานของกรมควบคุมมลพิษ พบว่ามีค่าเกินมาตรฐานมาเพียงเล็กน้อยไม่น่าจะส่งผลกระทบต่อมนุษย์

คำสำคัญ : มลพิษอากาศ, ฝุ่นละออง, ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร



Abstract

For this work PM_{10} were collected from 7 stations within the area of North Phra Nakhon campus, Rajamangala University of Technology Phra Nakhon, Thailand. The samples were collected within 24 hours from January to April 2015. The result shows that the concentrations of PM_{10} values are in the range of 0.06 - 0.16 mg/m^3 and average PM_{10} of 0.09 mg/m^3 . The maximum PM_{10} were found in front of the university. The comparison of maximum PM_{10} with the standard value of Pollution Control Department (PCD) was slightly over but did not affect human health.

Keywords : Air pollution, Particulate matter, Particulate Matter less than 10 μm (PM_{10})



กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี เนื่องจากความกรุณาจากคณาจารย์ และบุคคลที่เกี่ยวข้องหลายฝ่ายด้วยกัน ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ ดร. กัลทิมา เชาว์ชาญชัยกุล และดร. ปิยะพงษ์ปานแก้ว ผู้ร่วมจัดทำโครงการวิจัยเป็นอย่างยิ่งที่คอยให้คำปรึกษา แนะนำแนวทางในการทำการวิจัย และร่วมทำโครงการวิจัยมาโดยตลอด ขอขอบคุณอาจารย์ปิยธิดา รุจะศิริ ผู้ช่วยคณบดีคณะวิทยาศาสตร์ ที่ให้ความช่วยเหลือในเรื่องการประสานงานและจัดกองทุนสนับสนุนในการจัดทำโครงการวิจัย

ขอขอบคุณอาจารย์มาโนช หลักฐานดี หัวหน้าสาขาวิชาวิทยาการสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรธรรมชาติ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการใช้ห้องปฏิบัติการและเครื่องมือวิเคราะห์ตัวอย่าง ขอขอบคุณคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ที่สนับสนุนเงินวิจัยในโครงการวิจัยเงินงบประมาณรายได้ ปี พ.ศ. 2558

อนึ่งผู้วิจัยหวังว่า งานวิจัยฉบับนี้จะมีประโยชน์อยู่ไม่น้อย จึงขอมอบส่วนดีทั้งหมดนี้ให้แก่เหล่าคณาจารย์ ที่ได้ประสิทธิประสาทวิชาทำให้ผลงานวิจัยเป็นประโยชน์ต่อผู้ที่เกี่ยวข้อง และขอขอบคุณความกตัญญูกตเวทิตาคุณ แต่บิดา มารดา และผู้มีพระคุณทุกท่าน สำหรับข้อบกพร่องต่างๆที่จะเกิดขึ้นนั้นผู้วิจัยขอน้อมรับผิดเพียงผู้เดียว และพร้อมที่จะรับคำแนะนำของท่าน เพื่อเป็นประโยชน์ในการพัฒนางานวิจัยต่อไป

คณะผู้วิจัย

กันยายน 2558

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	(ก)
บทคัดย่ออังกฤษ	(ข)
กิตติกรรมประกาศ	(ค)
สารบัญ	(ง)
สารบัญตาราง	(ฉ)
สารบัญภาพ	(ช)
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ที่มาและความสำคัญ	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย	2
1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	
2.1 นิยามและความหมาย	3
2.2 มลพิษทางอากาศ	5
2.3 แหล่งกำเนิดฝุ่นละอองในชั้นบรรยากาศ	7
2.4 ผลของฝุ่นละอองขนาดเล็กต่อระบบทางเดินหายใจปัจจัยที่มีผลต่อการกระจายตัวและการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร	9
2.5 ผลกระทบของฝุ่นละออง	11
2.6 ค่ามาตรฐานคุณภาพอากาศ	13
2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	14
บทที่ 3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	
3.1 วิธีการดำเนินการ	16
3.2 เครื่องมือ อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย	18

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.3 การเตรียมกระดาศกรอง	19
3.4 การเก็บตัวอย่าง	21
3.5 การคำนวณหาความเข้มข้นของฝุ่นละออง	23
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลและอภิปรายผล	
4.1 ค่าความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร	25
4.2 การเปรียบเทียบค่ามาตรฐานค่าเฉลี่ยของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร	27
4.3 การกระจายของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร	29
บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ	
5.1 สรุปผลการทดลอง	30
5.2 ข้อเสนอแนะ	30
อ้างอิง	31



สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
ตารางที่ 2.1 แสดงค่ามาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศโดยทั่วไป	13
ตารางที่ 3.1 สถานีเก็บตัวอย่างอากาศภายในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ศูนย์พระนครเหนือ	17
ตารางที่ 4.1 แสดงความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร (PM ₁₀)	25
ตารางที่ 4.2 แสดงการเปรียบเทียบค่าความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร (PM ₁₀) กับค่ามาตรฐาน	28



สารบัญญรูป

รูป	หน้า
รูปที่ 2.1 ขนาดของฝุ่นละออง	4
รูปที่ 2.2 ระบบภาวะมลพิษอากาศ	6
รูปที่ 2.3 แหล่งกำเนิดและการแพร่กระจายตัวของฝุ่นละอองในอากาศ	8
รูปที่ 2.4 ลักษณะการกระจายตัวของควันทันที่มีความเสถียรของบรรยากาศที่แตกต่างกัน	9
รูปที่ 3.1 แผนที่แสดงพื้นที่และผังอาคารในมหาวิทยาลัย	16
รูปที่ 3.2 แผนที่แสดงจุดเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร	17
รูปที่ 3.3 เครื่องชั่ง (Balance) ที่มีความละเอียด 0.1 มิลลิกรัม	18
รูปที่ 3.4 กระจาดุกรองใยแก้ว (Quartz fiber filter) ขนาด 8×10 นิ้ว	19
รูปที่ 3.5 เครื่องเก็บตัวอย่าง PM ₁₀ ชนิดของไฮโวลูม	19
รูปที่ 3.6 การอบกระจาดุกรองก่อนเก็บตัวอย่าง	21
รูปที่ 3.7 การชั่งกระจาดุกรองก่อนเก็บตัวอย่างและเก็บกระจาดุกรองไว้ในถุงซิปล	21
รูปที่ 3.8 การเก็บตัวอย่าง PM ₁₀	22
รูปที่ 3.9 ติดตั้งอุปกรณ์ และกระจาดุกรองในการเก็บตัวอย่างฝุ่นละออง	23
รูปที่ 3.10 กระจาดุกรองที่ทำการเก็บตัวอย่างครบ 24 ชั่วโมง	23
รูปที่ 4.1 ผลต่างของกระจาดุกรองก่อนเก็บตัวอย่างและหลังเก็บตัวอย่าง	26
รูปที่ 4.2 ค่าความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร บริเวณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ศูนย์พระนครเหนือ	27
รูปที่ 4.3 ค่าความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร เทียบกับค่ามาตรฐาน	28

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

ในปัจจุบันมลพิษทางอากาศเป็นปัญหาที่มีความสำคัญ และทวีความรุนแรงมากขึ้น สืบเนื่องมาจากวิถีชีวิตที่เปลี่ยนแปลงไป และการเพิ่มขึ้นของประชากรอย่างรวดเร็ว เป็นผลให้มีการใช้พลังงานและทรัพยากรเพิ่มตามมา ทั้งในด้านของอุตสาหกรรม คมนาคม การผลิตไฟฟ้า และ เกษตกรรม เป็นต้น (Sookkaiet al., 2000) มลพิษทางอากาศที่เป็นปัญหาอยู่ในปัจจุบัน ตัวอย่างเช่น ฝุ่นละออง สารอันตรายประเภทต่างๆที่ปนเปื้อนในชั้นบรรยากาศ เป็นต้น

ฝุ่นละอองที่มีอยู่ในบรรยากาศมีขนาดตั้งแต่ 0.002 ไมครอนจนถึงขนาดใหญ่กว่า 500 ไมครอน ฝุ่นละอองเป็นสารที่มีความหลากหลายทางด้านกายภาพ และองค์ประกอบอาจมีสภาพเป็นของแข็งหรือของเหลว ฝุ่นละอองที่แขวนลอยอยู่บนอากาศได้นานมักเป็นฝุ่นละอองขนาดเล็ก(กรมควบคุมมลพิษ, 2555) โดยประมาณ 60-80 เปอร์เซ็นต์ของฝุ่นละออง มีขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน (μm) หรือที่เรียกว่า “ PM₁₀” ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อมนุษย์และสัตว์ได้ (jinsartet al., 2002) นอกจากนี้ PM₁₀ ยังสามารถเคลื่อนที่ได้ไกลกว่าฝุ่นละอองขนาดอื่นๆ (Wilson and Spengler, 1996) อากาศที่เป็นมลพิษจะส่งผลกระทบต่อสุขภาพของมนุษย์เกี่ยวกับระบบหายใจ หัวใจ ปอด และยังส่งผลต่อสิ่งแวดล้อมอีกด้วย มีการรายงานจากองค์การอนามัยโลกว่ามลพิษทางอากาศส่งผลกระทบต่อสุขภาพของมนุษย์ และพบว่าประชากรทั่วโลกมากกว่า 2.7 ล้านคน เสียชีวิตจากมลพิษทางอากาศ (World Health Organization (WHO), 2003)นอกจากนี้การปนเปื้อนของฝุ่นละอองในชั้นบรรยากาศจะส่งผลกระทบต่อสุขภาพร่างกายของมนุษย์ได้โดยตรงจากการสัมผัสหรือสูดดม โดยเฉพาะอย่างยิ่งต่อระบบทางเดินหายใจ เช่น การรู้สึกระคายเคืองหรือมีอาการเสบตา ภาวะการหายใจไม่สะดวก ไอ จาม มีน้ำมูก จนเกิดการอักเสบของไซนัสตามมาได้ สำหรับประชาชนที่ได้รับหรือสัมผัสฝุ่นละอองในปริมาณที่มาก และมีระยะเวลาานาน จะเป็นสาเหตุก่อให้เกิดอักเสบของหลอดลม (Bronchitis) และการเกิดพังผืดขึ้นที่บริเวณปอดซึ่งมีสาเหตุมาจากการระคายเคืองเรื้อรัง (Pneumoconiosis) (Ware et all.,1986; Gielenet al.,1997) นอกจากนี้การได้รับฝุ่นละอองขนาดเล็กที่มีสารปนเปื้อน เช่น Arsenic, Chromate, Poly aromatic hydrocarbons (PAHs) เข้าสู่ร่างกายในปริมาณมากจะทำให้เกิดมะเร็งปอดตามมา

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ศูนย์พระนครเหนือ เป็นสถาบันการศึกษาที่เปิดสอนในระดับปริญญาตรี ซึ่งเป็นที่ตั้งของคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และคณะวิศวกรรมศาสตร์ มีที่ตั้งติดกับถนนพหลุองสงครามซึ่งมีการจราจรที่หนาแน่นในบางช่วงเวลา รวมทั้งภายในมหาวิทยาลัยยังมีการปรับปรุง และก่อสร้างอาคารในบางพื้นที่ ดังนั้นโครงการวิจัยนี้จึงมีเป้าหมายเพื่อประเมินค่าการ

ปนเปื้อนของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร (PM_{10}) เพื่อเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานที่กำหนดไว้สำหรับประเทศไทย และใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการหาแนวทางในการป้องกันปัญหาด้านฝุ่นละอองในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ศูนย์พระนครเหนือต่อไปในอนาคต

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

1.2.1 เพื่อศึกษาความเข้มข้นฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร ภายในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ศูนย์พระนครเหนือ

1.2.2 เพื่อเปรียบเทียบความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตรกับค่ามาตรฐานของกรมควบคุมมลพิษ

1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย

3.1.1 ทำการสำรวจและเก็บพิกัดพื้นที่ในมหาวิทยาลัยเพื่อจัดทำแผนที่ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร วิทยาเขตพระนครเหนือ

3.1.2 ดำเนินการตรวจวัดความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน (PM_{10}) ภายในบริเวณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ศูนย์พระนครเหนือ

3.1.3 พื้นที่ที่ใช้ในการตรวจวัด คือ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ศูนย์พระนครเหนือ โดยทำการเก็บตัวอย่างเป็นเวลา 24 ชั่วโมงต่อสถานี

3.1.4 วิเคราะห์ค่าความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน (PM_{10}) ในห้องปฏิบัติการ

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 ทราบค่าความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน ในพื้นที่มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ศูนย์พระนครเหนือ

1.4.2 เพื่อใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการป้องกันมลพิษทางด้านอากาศที่จะส่งผลกระทบต่อไปในอนาคต และหาแนวทางในการควบคุมและป้องกันต่อไป

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 นิยามและความหมาย

อากาศ หมายถึง ส่วนผสมของก๊าซต่าง ๆ และไอน้ำซึ่งส่วนใหญ่ได้แก่ ก๊าซไนโตรเจน และ ก๊าซออกซิเจน นอกนั้นเป็นก๊าซอื่น ๆ ซึ่งมีอยู่เป็นจำนวนน้อย อากาศมีอยู่รอบ ๆ ตัวเราทุกหนทุกแห่ง ทั้งบนยอดสูงสุดของภูเขาและในที่จอตลอดใต้ดิน อากาศมีอยู่ในบ้าน มีอยู่ในโรงเรียนและในรถยนต์ อากาศไม่มีสี ไม่มีรสชาติ และไม่มี

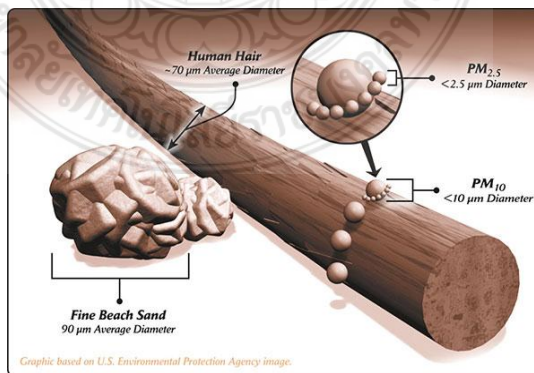
ฝุ่น หมายถึง อนุภาคในอากาศที่มีแหล่งที่มาจากหลาย ๆ ที่ เช่น ฝุ่นจากดินที่ถูกลมพัดขึ้นมา ฝุ่นจากการระเบิดของภูเขาไฟ หรือจากมลภาวะต่าง ๆ ฝุ่นในที่พักอาศัย สำนักงาน หรือแม้แต่ ละออง เกสรของพืช เส้นผมหรือขนของคนและสัตว์ สิ่งทอ เส้นใย เศษผิวหนังของมนุษย์ สิ่งหลงเหลือจาก อุกกาบาต และจากอีกหลายอย่างหลายวัตถุ ในสภาพแวดล้อมทั่วไปเป็นสารมลพิษพวกอนุภาค (particulate pollutants) ซึ่งเป็นของแข็ง เกิดขึ้นจากขบวนการย่อยหรือแตกกระจายของขนาด (disintegration processes) ของวัตถุ เช่น การเจาะ กระแทกบด ระเบิด ตัวอย่างกรณีฝุ่นจาก ปูนซีเมนต์ ถ่านหิน เมล็ดพืช หรือกรรมวิธีการใดต่าง ๆ เช่น การเลื่อยการขัดถู

อนุภาคแขวนลอย ประกอบด้วย วัตถุหลายชนิดทั้งที่เป็นของแข็งและของเหลวฟุ้งกระจาย ในบรรยากาศ มีขนาดตั้งแต่เล็กกว่าหนึ่งไมโครเมตรจนถึงหลายร้อยไมโครเมตรอนุภาคมีความสำคัญมาก ในส่วนที่มีขนาดพอเหมาะที่คนจะหายใจเข้าไปได้ (respirable dust) คือมีขนาดระหว่าง 0.1 - 5 ไมโครเมตร ซึ่งลักษณะของฝุ่นละอองสามารถจำแนกได้ 4 ลักษณะ คือ

1. Course Mode มีขนาดระหว่าง 1 - 3 ไมโครเมตร
 2. Fine Mode มีขนาดระหว่าง 1 - 3 ไมโครเมตร จะอยู่ในรูปของก๊าซ
 3. Accumulation Mode มีขนาดประมาณ 0.1 ไมโครเมตร
- Nuclei Mode มีขนาดต่ำกว่า 0.1 ไมโครเมตร

ฝุ่นละออง (Suspended Particulate Matter : SPM) หมายถึง สารที่มีความหลากหลาย ทางด้านกายภาพและมีความหลากหลายทางองค์ประกอบอาจมีสภาพเป็นของแข็งหรือของเหลวก็ได้ ฝุ่น ละอองที่อยู่ในชั้นบรรยากาศมีขนาดตั้งแต่ 0.002 ไมโครเมตร ซึ่งเป็นกลุ่มที่ไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า ต้องใช้กล้องจุลทรรศน์แบบอิเล็กตรอน 500 ไมโครเมตรในการส่องดู ฝุ่นละอองที่สามารถมองเห็น ด้วยตาเปล่าจะมีขนาดตั้งแต่ 50 ไมโครเมตรขึ้นไป ฝุ่นละอองในชั้นบรรยากาศมีแหล่งกำเนิดมาจากหลาย แหล่งแตกต่างกันออกไป และมีการเคลื่อนที่อยู่ตลอดเวลา (Dynamic System) ขึ้นอยู่กับสภาพทาง ภูมิอากาศและลักษณะทางอุตุนิยมวิทยา ฝุ่นละอองเมื่อถูกปลดปล่อยออกสู่ชั้นบรรยากาศบางส่วนจะ

แขวนลอยอยู่ในชั้นบรรยากาศและถูกพัดพาให้เคลื่อนที่ได้โดยอาศัยกระแสลม โดยฝุ่นละอองที่สามารถกระจายตัวอยู่ในชั้นบรรยากาศได้เป็นเวลานานๆ ส่วนใหญ่จะเป็นฝุ่นละอองที่มีขนาดเล็ก ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางต่ำกว่า 10 ไมโครเมตร เนื่องจากขนาดเล็กจึงมีความเร็วในการตกตัวที่ค่อนข้างต่ำ และสามารถอยู่ในชั้นบรรยากาศได้นานขึ้น โดยเฉพาะฝุ่นละอองที่มีขนาดเล็กกว่า 0.5 ไมโครเมตร อาจแขวนลอยอยู่ในชั้นบรรยากาศได้นานเป็นปี ในส่วนของฝุ่นละอองที่มีขนาดใหญ่กว่า 100 ไมโครเมตร จะแขวนลอยอยู่ในชั้นบรรยากาศได้เพียง 2-3 นาที ก็จะตกตัวลงสู่ด้านล่าง การปนเปื้อนของฝุ่นละอองในชั้นบรรยากาศมีผลกระทบต่อการดำเนินชีวิตของมนุษย์เช่นกัน การสูดดมฝุ่นละอองเข้าสู่ร่างกายจะส่งผลกระทบต่อระบบทางเดินหายใจ หากปริมาณฝุ่นละอองในชั้นบรรยากาศมีปริมาณมากจะส่งผลกระทบต่อ การมองเห็นและทำให้สิ่งต่าง ๆ สกปรกเสียหายได้บริเวณที่พกอาศัยปริมาณฝุ่นละออง 30% เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ ส่วนบริเวณที่อยู่อาศัยใกล้ถนนฝุ่นละออง 70-90% เกิดจากการกระทำของมนุษย์และพบว่าฝุ่นละอองมีสารตะกั่วและสารประกอบโบไมด์สูงกว่าบริเวณนอกเมือง อันเนื่องมาจากมลพิษที่เกิดจากยานพาหนะ ฝุ่นละอองเมื่อแยกตามขนาด พบว่า 60% โดยประมาณ จะเป็นฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า 10 ไมโครเมตร ฝุ่นประเภทนี้เกิดจากรถประจำทางและรถบรรทุกที่ใช้เครื่องยนต์ดีเซลบางส่วนมาจากโรงงานอุตสาหกรรมส่วนมากจะพบอยู่ทั่วไปในเขตเมืองเขตอุตสาหกรรม และเขตกึ่งชนบท หากพบในปริมาณที่สูงจะมีผลต่อสุขภาพอนามัยของประชาชน เนื่องจากมีขนาดเล็กพอที่จะเข้าสู่ระบบทางเดินหายใจส่วนล่างและถุงลมปอดของมนุษย์ได้เป็นผลให้เกิดโรคทางเดินหายใจโรคปอดต่างๆเกิดการระคายเคืองและทำลายเยื่อหุ้มปอด หากได้รับในปริมาณมากและเป็นเวลานานจะเกิดการสะสม ทำให้ เกิดพังผืดและเป็นแผลได้ ทำให้การทำงานของปอดลดลง ความรุนแรงขึ้นอยู่กับ องค์ประกอบของฝุ่นละอองนั้น ส่วนฝุ่นขนาดใหญ่ อีกประมาณ 40% ที่เหลือเกิดจากการก่อสร้างและการฟุ้งกระจายของฝุ่นจากพื้นที่ว่างเปล่าฝุ่นประเภทนี้ไม่มีผลต่อสุขภาพอนามัยมาก นักเพียงแต่จะก่อให้เกิดการระคายเคืองต่อทางเดินหายใจส่วนต้น และอาจเป็นเพียงการรบกวนและก่อให้เกิดความรำคาญ สำหรับในประเทศไทยได้มีการให้ความหมายของคำว่าฝุ่นละออง ดังนี้



รูปที่ 2.1 ขนาดของฝุ่นละออง

ที่มา: <http://www.ourair.org/air-pollutants-and-our-health/>

- ฝุ่นละอองรวม (TSP: Total Suspended Particulate) เป็นอนุภาคสารแขวนลอยทั้งหมดในบรรยากาศ ที่มีขนาดเล็กเส้นผ่านศูนย์กลางตั้งแต่ 100 ไมครอนลงมาซึ่งเกิดจากธรรมชาติ เช่น การฟุ้งของดิน และเกิดจากการกระทำของมนุษย์ เช่นการก่อสร้าง คิวินจากโรงงานอุตสาหกรรม

- ฝุ่นละอองขนาดเล็ก (PM₁₀) เป็นมวลสารในอากาศที่ประกอบด้วยมวลสารขนาดเล็ก รวมกับละอองของเหลว ฝุ่นละอองขนาดเล็กอาจจะมีคุณสมบัติเป็นกรด เช่น ไนเตรตหรือซัลเฟต เป็นสารเคมีอินทรีย์ (Organic Chemical) เป็นโลหะ เป็นดินหรือฝุ่นผง ขนาดของฝุ่นละอองขนาดเล็กจะสัมพันธ์กับศักยภาพที่จะทำให้เกิดโรค โดยขนาดที่มีความสำคัญ ได้แก่ ขนาด 10 ไมครอนหรือเล็กกว่า เนื่องจากสามารถที่ผ่านเข้าไปทางคอหรือจมูกลงไปถึงหลอดลมและปอด โดยเมื่อสูดอนุภาคเหล่านั้นเข้าไปจะมีผลต่อหัวใจและปอดและส่งผลกระทบรุนแรงต่อสุขภาพ PM₁₀ จะมีขนาดเล็กกว่าเส้นผมประมาณ 10-28 เท่า สำหรับอนุภาคที่ใหญ่กว่า 10 ไมครอน ได้แก่ เศษผง เศษดิน และทรายนั้นไม่ค่อยมีอันตรายต่อร่างกาย เพราะจะถูกดักจับโดยระบบทางเดินหายใจ ทำให้ไม่สามารถผ่านเข้าไปในหลอดลมหรือปอด

2.2 มลพิษทางอากาศ

มลพิษทางอากาศ (Air Pollution) หมายถึง ภาวะมลพิษของอากาศที่มีสารมลพิษเจือปนอยู่ในปริมาณและเป็นระยะเวลา ที่จะทำให้เกิดผลเสีย ต่อสุขภาพอนามัยของมนุษย์ สัตว์ พืช และวัสดุต่างๆซึ่งสารมลพิษดังกล่าว อาจเกิดขึ้นเองตามธรรมชาติหรือเกิดจากการกระทำของมนุษย์ อาจอยู่ในรูปของก๊าซ หายของเหลว หรือ อนุภาคของแข็งก็ได้ สารมลพิษทางอากาศที่สำคัญ และมีผลต่อสุขภาพอนามัย ได้แก่ ฝุ่นละออง สารตะกั่ว ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจน ก๊าซโอโซน และสารอินทรีย์ระเหยง่าย เป็นต้น

ระบบภาวะมลพิษทางอากาศ มีส่วนประกอบที่มีความสัมพันธ์กัน 3 ส่วน คือ แหล่งกำเนิดสารมลพิษ (Emission Sources) อากาศหรือบรรยากาศ (Atmosphere) และผู้รับผลกระทบ (Receptors) แสดงเป็นแผนภูมิความสัมพันธ์ ดังรูป 2.2

2.2.1 แหล่งกำเนิดมลพิษทางอากาศ (Emission Sources)

เป็นแหล่งที่ก่อให้เกิดมลพิษทางอากาศและระบายออกสู่บรรยากาศ โดยชนิดและปริมาณของสารมลพิษที่ถูกระบายออกสู่อากาศขึ้นอยู่กับประเภทของแหล่งกำเนิด ลักษณะการเผาไหม้ ชนิดของเชื้อเพลิงที่ใช้ กิจกรรมและวิธีการควบคุมการระบายสารมลพิษทางอากาศ

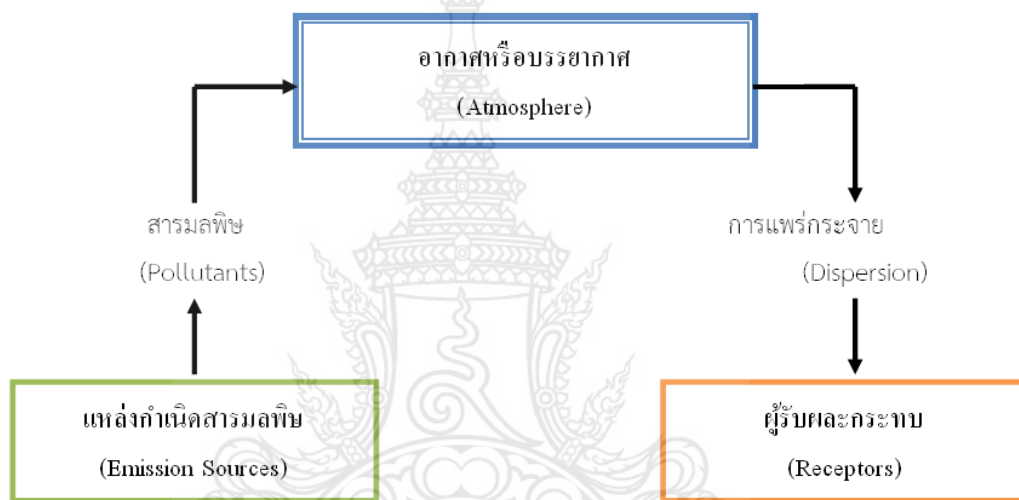
2.2.2 อากาศหรือบรรยากาศ (Atmosphere)

เป็นส่วนของระบบที่รองรับสารมลพิษอากาศที่ถูกระบายออกจากแหล่งกำเนิดต่างๆและเป็นตัวกลาง(Media) ให้สารมลพิษทางอากาศที่ถูกระบายออกสู่อากาศ มีการแพร่กระจายออกไป โดยปัจจัย

ทางอุตุนิยมวิทยา เช่น อุณหภูมิของอากาศ ความเร็วและทิศทางลม รวมทั้งลักษณะภูมิประเทศ เช่น ภูเขา หุบเขา ต้นไม้ และอาคารบ้านเรือน เป็นตัวกำหนดลักษณะการแพร่กระจายสารมลพิษในอากาศ

2.2.3 ผู้รับผลเสียหรือผลกระทบ (Receptors)

เป็นส่วนของระบบที่สัมผัสกับสารมลพิษในอากาศ ทำให้ได้รับความเสียหายหรืออันตราย โดยผู้รับอาจเป็นสิ่งมีชีวิต เช่น คน พืช สัตว์ หรือเป็นสิ่งที่ไม่มีชีวิต เช่น เสื้อผ้า อาคาร บ้านเรือน วัสดุหรือสิ่งก่อสร้างต่างๆ ผลกระทบที่เกิดขึ้น จะมีความรุนแรงมากหรือน้อย ขึ้นอยู่กับประเภท หรือความเข้มข้นของสารมลพิษในอากาศและระยะเวลาที่สัมผัสกับมลพิษทางอากาศ



รูปที่ 2.2 ระบบภาวะมลพิษอากาศ

ที่มา : สำนักจัดการคุณภาพอากาศและเสียง กรมควบคุมมลพิษ,2554

2.2.4 องค์ประกอบของบรรยากาศและสารมลพิษทางอากาศ

อากาศบริสุทธิ์ประกอบด้วย ไนโตรเจน 78.09 เปอร์เซ็นต์ โดยปริมาตร ออกซิเจน 20.94 เปอร์เซ็นต์ โดยปริมาตร ที่เหลืออีก 0.97 เปอร์เซ็นต์ ประกอบด้วย อาร์กอน คาร์บอนไดออกไซด์ นีออน ฮีเลียม คริปทอน ซีนอน ก๊าซอินทรีย์ ซึ่งมีปริมาณเปลี่ยนแปลงไปตามสภาพการณ์และเวลา โดยปกติจะมีไอน้ำอยู่ในอากาศประมาณ 1-3 เปอร์เซ็นต์ มลพิษทางอากาศเกิดจากการมีสารอื่นๆ ปะปนมากถึงขีดที่ก่อให้เกิดอันตราย ทั้งที่เกิดจากปรากฏการณ์ตามธรรมชาติ และมนุษย์ปล่อยเข้าสู่บรรยากาศ โดยแบ่งออกเป็น 3 ประเภทใหญ่ๆคือ

- ก๊าซของสารอินทรีย์ ได้แก่ ออกไซด์ของคาร์บอน เช่น CO, CO₂ ออกไซด์ของไนโตรเจน เช่น NO, NO₂ ออกไซด์ของซัลเฟอร์ เช่น SO₂, SO₃ และก๊าซอินทรีย์อื่นๆ
- ก๊าซของสารอินทรีย์ ได้แก่ ไฮโดรคาร์บอน อัลดีไฮด์ และคีโตน และสารอินทรีย์อื่นๆ เช่น คลอรีนเนตเตดไฮโดรคาร์บอน แอลกอฮอล์ และกรดอินทรีย์ต่างๆ
- อนุภาคมลสาร ได้แก่ อนุภาคที่เป็นของแข็ง เช่น ควัน เขม่า ฝุ่น เก้าลอย คาร์บอน ตะกั่ว อนุภาคที่เป็นของเหลว เช่น ละอองน้ำมัน ละอองกรดต่างๆ

2.3 แหล่งกำเนิดฝุ่นละอองในชั้นบรรยากาศ

แหล่งที่มาของฝุ่นละอองในบรรยากาศ โดยทั่วไปจะแบ่งเป็น 2 ประเภทใหญ่ ๆ คือ ฝุ่นละอองที่เกิดขึ้นได้เองตามธรรมชาติ และฝุ่นละอองที่เกิดมาจากกิจกรรมของมนุษย์

2.3.1 ฝุ่นละอองที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติ (Natural Particle)

แหล่งกำเนิดตามธรรมชาติ (Natural particle) เช่น อาจเกิดจากกระแสลมที่พัดผ่านตามธรรมชาติทำให้เกิดฝุ่นขึ้น เช่น ดิน ทราย ละอองน้ำ เขม่าควันจากไฟป่า ฝุ่นจากเกลือทะเล ภูเขาไฟระเบิด และการฟุ้งกระจายของละอองเกสร เป็นต้น หรืออาจเกิดจากปฏิกิริยาแสงของก๊าซ (Photochemical gas reactions) ซึ่งเกิดระหว่างโอโซนในธรรมชาติ และสารไฮโดรคาร์บอน เป็นผลทำให้เกิดอนุภาคที่มีขนาดเล็กมาก(ข้ามะเลียง,2552)

2.3.2 ฝุ่นละอองที่เกิดจากกิจกรรมที่มนุษย์สร้างขึ้น (Man-made Particle)

แหล่งกำเนิดของฝุ่นละอองที่เกิดจากมนุษย์สร้างขึ้นสามารถแบ่งได้เป็น 2 ประเภท คือ แหล่งกำเนิดที่เคลื่อนที่ได้ และแหล่งกำเนิดที่อยู่กับที่

2.3.2.1 แหล่งกำเนิดที่เคลื่อนที่ได้ เช่น ยานพาหนะทางบก ได้แก่ รถยนต์ที่ใช้เครื่องยนต์ดีเซล โดยระบายฝุ่นละอองสู่บรรยากาศในรูปของควันดำซึ่งเป็นอนุภาคของคาร์บอนจำนวนมาก ที่เกิดจากการเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ของน้ำมันดีเซลในเครื่องยนต์และรถจักรยานยนต์สองจังหวะซึ่งระบายฝุ่นละอองออกสู่บรรยากาศในรูปของควันขาวที่เป็นละอองไอน้ำของน้ำมันหล่อลื่น รถบรรทุกและขนส่งวัสดุก่อสร้าง เป็นกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการก่อสร้างทุกประเภท โดยเฉพาะการบรรทุกและขนส่งดินทรายที่ไม่มีการปกคลุมส่วนที่บรรทุกให้มิดชิด หรือล้อรถที่มีดินทรายเกาะติดอยู่ตกหล่นลงสู่ถนนตลอดทางที่วิ่งไป ทำให้ฝุ่นละอองเกิดฟุ้งกระจายไปในบรรยากาศ

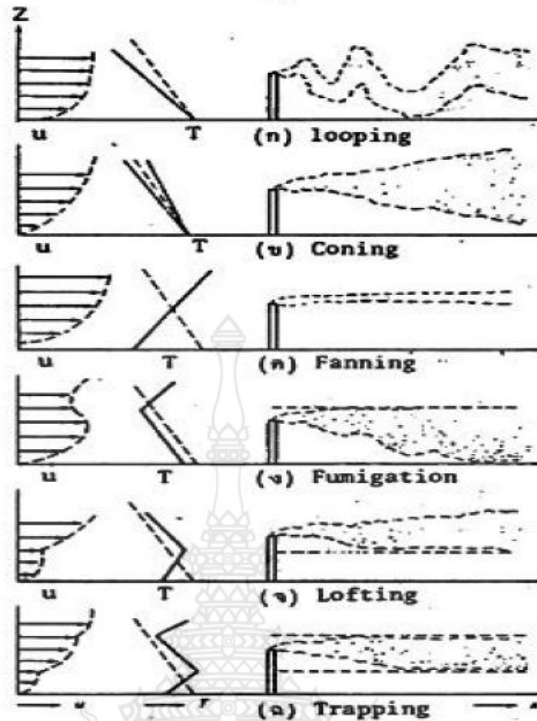
2.3.2 แหล่งกำเนิดที่อยู่กับที่ เช่น การก่อสร้างที่มักมีการเปิดหน้าดินก่อนการก่อสร้าง ซึ่งทำให้เกิดฝุ่นได้ง่าย เช่น อาคาร สิ่งก่อสร้าง การปรับปรุงสาธารณูปโภคการก่อสร้างอาคารสูง ทำให้ฝุ่นปูนซีเมนต์ถูกลมพัดออกจากอาคารโรงงานอุตสาหกรรม จากกิจกรรมที่เกิดมาจากการเผาไหม้เชื้อเพลิง เช่น น้ำมันเตา ถ่านหิน พืช แกลบ เพื่อนำพลังงานไปใช้ในการผลิต และกระบวนการผลิตที่มีฝุ่นออกมา เช่น การปั่นฝ้าย การเจียรโลหะ การเคลื่อนย้ายวัสดุดิบ เป็นต้น



รูปที่ 2.3 แหล่งกำเนิดและการแพร่กระจายตัวของฝุ่นละอองในอากาศ

2.3.3 การกระจายตัวของอนุภาคฝุ่นละออง

การกระจายของขนาดอนุภาค หรือ การแจกแจงขนาดอนุภาค (Particle Size Distribution) เป็นการแจกแจงตามขนาดอนุภาคของตัวอย่างที่มีอนุภาคขนาดต่าง ๆ กัน โดยการแบ่งขนาดของอนุภาคออกเป็นช่วง ๆ (Intervals) ตามลำดับของขนาดอนุภาคแล้วแสดงข้อมูลที่ได้ในรูปแบบของ ตารางหรือกราฟ ซึ่งแสดงความสัมพันธ์ระหว่างช่วงของขนาดอนุภาค (Size Interval) และความถี่ของการเกิด (จำนวนหรือมวลของอนุภาค) ในช่วงนั้นๆ โดยทั่วไปแล้วการกระจายของขนาดอนุภาคนั้นอนุภาคที่มีขนาดใหญ่จะตกลงสู่พื้นโลกด้วยแรงดึงดูดของโลกและด้วยปัจจัยอื่นๆ ทำให้อนุภาคที่แขวนลอยอยู่ในอากาศมีอนุภาคที่มีขนาดเล็กมากกว่า



รูปที่ 2.4 ลักษณะการกระจายตัวของควันที่มีความเสถียรของบรรยากาศที่แตกต่างกัน
ที่มา: นพภาพร และแสงสันต์ (2544)

2.4 ผลของฝุ่นละอองขนาดเล็กต่อระบบทางเดินหายใจปัจจัยที่มีผลต่อการกระจายตัวและการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมโครเมตร

ความเข้มข้นของฝุ่นละอองที่แขวนลอยอยู่ในบรรยากาศจะขึ้นอยู่กับปริมาณของอากาศที่สะอาดและศักยภาพของแหล่งที่กำเนิด โดยความเข้มข้นของฝุ่นละอองอาจมีความผันแปรและขึ้นอยู่กับแต่ละพื้นที่ ซึ่งความเข้มข้นของฝุ่นละอองอาจจะมีค่าน้อยกว่า 1 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ในเขตท่าอากาศยาน และมีค่าน้อยกว่า 10 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ในเขตชุมชนหนาแน่น (Schroeder et al, 1987) และจากการศึกษาที่ผ่านมาแสดงให้เห็นว่าความเข้มข้นของฝุ่นละอองในเขตชุมชนเมืองสูงกว่าเขตชนบท (Choularton et al, 1982) ระดับความเข้มข้นของฝุ่นละอองไม่เกิน 10 ไมโครเมตร ในบรรยากาศสามารถผันแปรตามฤดูกาลต่างๆ ได้ อันเนื่องจากสภาพภูมิอากาศ ซึ่งได้แก่ ความชื้นสัมพัทธ์ ปริมาณน้ำฝน ทิศทางลมระดับความเข้มข้นเฉลี่ยในฤดูหนาวจะสูงกว่าหน้าฝนจากที่กล่าวในข้างต้นแสดงให้เห็นว่ากระบวนการในธรรมชาติที่ปรากฏในบรรยากาศสามารถจะช่วยลดความเข้มข้นของฝุ่นละอองลงได้ เช่นการ การตกของหยาดน้ำฟ้า (Precipitation) ซึ่งอาจอยู่ในรูปของฝน เป็นต้น

2.4.1 ลักษณะทางอุตุนิยมที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตรตามแนวระดับความสูง

2.4.1.1 อุณหภูมิ

อุณหภูมิของบรรยากาศที่ระดับความสูงต่างๆ จะมีค่าไม่เท่ากัน ซึ่งตามปกติอุณหภูมิจะลดลงตามระดับความสูง และความแตกต่างของอุณหภูมิที่ระดับความสูงต่างๆ จะมีผลต่อการแพร่กระจายของฝุ่นละออง (วงพันธ์ และคณะ, 2543) โดยในเวลากลางวันแสงอาทิตย์จะทำให้เกิดความปั่นป่วนของมวลอากาศ เป็นผลให้การแพร่กระจายของฝุ่นละอองในบรรยากาศแพร่กระจายได้เป็นอย่างดี ส่วนในเวลากลางคืนอุณหภูมิลดต่ำลงมากทำให้มวลอากาศนิ่ง ส่งผลให้การแพร่กระจายของฝุ่นละอองในบรรยากาศแพร่กระจายได้ไม่ดี (นพภาพร และคณะ, 2544) ทั้งนี้ความแตกต่างของอุณหภูมิที่ระดับความสูงต่างๆ จะเป็นตัวบ่งชี้ทางอ้อมว่าอากาศมีความปั่นป่วนมากน้อยเพียงใด และมีผลต่อการแพร่กระจายของฝุ่นละอองในบรรยากาศมากหรือน้อย

2.4.1.2 ความเร็วและทิศทางลม

ลม คือ อากาศที่เคลื่อนไหวยาวนานกับผิวโลก โดยปัจจัยที่มีความสำคัญในการประเมินการแพร่กระจายของฝุ่นละอองคือ ความเร็วและทิศทางลม เนื่องจากฝุ่นละอองจะถูกเจือจางโดยลมที่พัดผ่านแหล่งกำเนิด ซึ่งการเจือจางนี้เกิดจากอากาศที่ไม่มีฝุ่นละอองหรือมีฝุ่นละอองน้อยเคลื่อนที่เข้ามาทำให้บริเวณที่มีความเข้มข้นของฝุ่นละอองมากมีความเข้มข้นของฝุ่นละอองลดลง ในขณะที่ทิศทางลมจะมีอิทธิพลต่อการเคลื่อนที่ของฝุ่นละออง และบริเวณที่มลสารกระจายออกไป ซึ่งทิศทางลมจะเป็นตัวกำหนดว่ามลสารจะถูกพัดพาไปในทิศทางไหน เนื่องจากลมมักจะไม่ได้พัดไปในทิศทางเดียวกันตลอดเวลา และการพัดพาไปในทิศทางต่างๆ มักไม่คงที่ทั้งในชั่วเวลาสั้นๆหรือเป็นเวลานาน ในทางอุตุนิยมวิทยาจะแสดงความเร็วลมและทิศทางลมในรูปของแผนภูมิลมจะแสดงในทิศทางที่มลสารถูกพัดพาไปสู่ทิศทางตรงกันข้าม เช่น ลมที่พัดมาจากทิศทางตะวันออกเฉียงใต้จะพัดฝุ่นละอองไปทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือ เป็นต้น (วงศ์พันธ์ และคณะ, 2543)

2.4.1.3 รังสีดวงอาทิตย์

ความเข้มของรังสีดวงอาทิตย์ ส่งผลให้เกิดความปั่นป่วนของชั้นบรรยากาศเนื่องมาจากการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์ต่อพื้นผิวและอากาศที่อยู่ใกล้เคียงจะมีอุณหภูมิสูงขึ้น ทำให้กระแสลมปั่นป่วนในบรรยากาศชั้นล่าง ในขณะที่ช่วงเวลากลางคืนพื้นดินและอากาศที่อยู่ใกล้ พื้นผิวโลกจะมีอุณหภูมิลดลงเนื่องจากพื้นดินเกิดการแผ่รังสีความร้อนกลับสู่บรรยากาศ จึงทำให้อากาศหยุดนิ่งและความปั่นป่วนลดลง

2.4.1.4 ความชื้นสัมพัทธ์

ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นฝุ่นละอองในบรรยากาศ เช่น น้ำฝนที่ตกลงทำให้ความชื้นสัมพัทธ์มากจะช่วยชะล้างมลสารในบรรยากาศทั้งที่เป็นแก๊สและฝุ่น

ละอองลงมาถึงพื้นดิน และจากการศึกษาที่ผ่านมาพบว่า ปริมาณน้ำฝนที่ตกลงมาอย่างสม่ำเสมอ 1 มิลลิเมตรต่อชั่วโมง และใช้เวลาตกเพียง 15 นาทีจะสามารถชะล้างฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร ในบรรยากาศได้ถึงร้อยละ 28 ของปริมาณฝุ่นละอองทั้งหมด

สรุปได้ว่าการที่ฝุ่นละอองในบรรยากาศมีความเข้มข้นเพิ่มขึ้นหรือลดลงขึ้นอยู่กับสภาพทางอุตุนิยมวิทยาที่ปรากฏอยู่ในบริเวณนั้นๆ นอกจากนี้ยังพบว่า การทำให้ฝุ่นละอองในบรรยากาศแพร่กระจายออกไปยังบริเวณอื่น จะส่งผลให้ความเข้มข้นของฝุ่นละอองลดลง ซึ่งการแพร่กระจายของฝุ่นละอองในบรรยากาศนั้นเป็นกระบวนการเจือจางโดยแลกเปลี่ยนระหว่างฝุ่นละอองกับอากาศ กล่าวคือมวลอากาศปกติมีการเคลื่อนไหว หากมีฝุ่นละอองอยู่ในมวลอากาศดังกล่าวฝุ่นละอองก็จะถูกพัดไปด้วย ในขณะที่เดียวกันมวลอากาศที่ปราศจากฝุ่นละอองจะเข้ามาแทนที่ จะเห็นได้ว่ากระบวนการแพร่กระจายจะทำหน้าที่เจือจางฝุ่นละออง ซึ่งกระบวนการดังกล่าวไม่ใช่กระบวนการแพร่กระจายแบบทฤษฎี แต่เป็นการแพร่กระจายที่เกิดจากความปั่นป่วนของอากาศ รวมทั้งทิศทางลมที่ผันแปรไปก็มีผลต่อการแพร่กระจายด้วย

2.5 ผลกระทบของฝุ่นละออง

2.5.1 ผลกระทบต่อมนุษย์

ฝุ่นที่มีอนุภาคขนาดใหญ่มักจะไม่เป็นอันตรายต่อมนุษย์มากนัก เนื่องจากจมูกของคนเราสามารถกรองฝุ่นที่มีขนาดใหญ่ประมาณ 10 ไมครอนขึ้นไป ส่วนฝุ่นที่มีขนาดเล็กสามารถผ่านเข้าสู่ปอดได้ มีผลงานวิจัยในสหรัฐอเมริการะบุว่า ผู้ที่อาศัยในบริเวณที่มีฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน อยู่ในปริมาณมาก จะทำให้มีความเสี่ยงที่จะเป็นโรคเกี่ยวกับระบบทางเดินหายใจ เช่น โรคหอบหืด นอกจากนี้ฝุ่นที่มีขนาดเล็กในทุกปริมาณ 10 ไมโครกรัม/ลูกบาศก์เมตร จะทำให้อัตราการเสียชีวิตจากโรคเกี่ยวกับระบบทางเดินหายใจเพิ่มขึ้นร้อยละ 3 อาการกำเริบของโรคหอบหืดก็เพิ่มขึ้นร้อยละ 3 เช่นกัน นอกจากนี้ฝุ่นละอองจะทำให้เกิดอาการระคายเคืองตาแล้ว ยังทำอันตรายต่อระบบหายใจเมื่อเราสูดเอาอากาศที่มีฝุ่นละอองเข้าไป โดยอาการระคายเคืองนั้นจะเกิดขึ้นตามส่วนต่างๆ ของระบบทางเดินหายใจขึ้นอยู่กับขนาดของฝุ่นละออง โดยฝุ่นที่มีขนาดใหญ่ร่างกายจะดักไว้ได้ที่ขนจมูก ส่วนฝุ่นที่มีขนาดเล็กนั้นสามารถเล็ดลอดเข้าไปในระบบหายใจ ทำให้ระคายเคืองแสบจมูก ไอ จาม มีเสมหะ หรือมีการสะสมของฝุ่นในถุงลมปอด ทำให้การทำงานของปอดเสื่อมลง

การปนเปื้อนของฝุ่นละอองในชั้นบรรยากาศจะส่งผลกระทบต่อสุขภาพร่างกายของมนุษย์ได้โดยตรงจากการสัมผัสหรือสูดดม โดยเฉพาะอย่างยิ่งต่อระบบทางเดินหายใจ เช่น การรู้สึกระคายเคืองหรือมีอาการแสบตา ภาวะการหายใจไม่สะดวก ไอ จาม มีน้ำมูก จนเกิดการอักเสบของไซนัส ตามมาได้ สำหรับประชาชนที่ได้รับหรือสัมผัสฝุ่นละอองในปริมาณที่มากและมีระยะเวลานาน จะเป็นสาเหตุ

ก่อให้เกิดการอักเสบของหลอดลม (Bronchitis) และการเกิดพังผืดขึ้นที่บริเวณปอดโดยมีสาเหตุมาจากการระคายเคืองเรื้อรัง (Pneumoconiosis) (Ware et al., 1986; Gielen et al., 1997) นอกจากนี้การได้รับฝุ่นละอองขนาดเล็กที่มีสารปนเปื้อน เช่น Arsenic, Chromate, Poly aromatic hydrocarbons (PAHs) ที่เกาะติดมากับฝุ่นละอองเข้าสู่ร่างกายในปริมาณมากจะทำให้เกิดมะเร็งปอดตามมา

2.5.2 ผลกระทบต่อทัศนวิสัย

ฝุ่นละอองจะลดความสามารถในการมองเห็น ทำให้ทัศนวิสัยไม่ดี เนื่องจากฝุ่นละอองในบรรยากาศเป็นอนุภาคของแข็งที่ดูดซับและทำให้เกิดหักเหแสงได้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับขนาดและความหนาแน่น และองค์ประกอบของฝุ่นละออง

2.5.3 ผลกระทบต่อวัตถุและสิ่งก่อสร้าง

เนื่องจากฝุ่นละอองในบรรยากาศมีคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีที่ต่างกัน สามารถส่งผลกระทบต่อวัตถุและสิ่งก่อสร้างได้ โดยการทำลายและกัดกร่อนผิวหน้าของโลหะ หินอ่อน หรือวัตถุอื่นๆ การทำลายของผิวหน้าของสิ่งก่อสร้าง การเสื่อมคุณภาพของผลงานศิลปะ และความสกปรกเลอะเทอะของวัตถุนั้นๆ เป็นต้น

2.5.4 ผลกระทบต่อสภาพบรรยากาศทั่วไป

ฝุ่นละอองจะลดความสามารถในการมองเห็น ทำให้ทัศนวิสัยไม่ดี เนื่องจากฝุ่นละอองในบรรยากาศเป็นอนุภาคของแข็งที่ดูดซับและหักเหแสงได้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับขนาดและความหนาแน่น และองค์ประกอบของฝุ่นละออง

2.6 ค่ามาตรฐานคุณภาพอากาศ

ค่ามาตรฐานคุณภาพอากาศของประเทศไทย ใช้เกณฑ์มาตรฐานอ้างอิงจากกรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม โดยแสดงค่าดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 แสดงค่ามาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศโดยทั่วไป

มาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศโดยทั่วไป		
สารมลพิษ	ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นในเวลา	ค่ามาตรฐาน
1. ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO)	1 ชม.	ไม่เกิน 30 ppm. (34.2 มก./ลบ.ม.)
	8 ชม.	ไม่เกิน 9 ppm. (10.26 มก./ลบ.ม.)
2. ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO ₂)	1 ชม.	ไม่เกิน 0.17 ppm. (0.32 มก./ลบ.ม.)
	1 ปี	ไม่เกิน 0.03 ppm. (0.057 มก./ลบ.ม.)
3. ก๊าซโอโซน (O ₃)	1 ชม.	ไม่เกิน 0.10 ppm. (0.20 มก./ลบ.ม.)
	8 ชม.	ไม่เกิน 0.07 ppm. (0.14 มก./ลบ.ม.)
4. ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO ₂)	1 ปี	ไม่เกิน 0.04 ppm. (0.10 มก./ลบ.ม.)
	24 ชม.	ไม่เกิน 0.12 ppm.(0.30 มก./ลบ.ม.)
5. ตะกั่ว (Pb)	1 ชม.	ไม่เกิน 0.3 ppm.(780 มคก./ลบ.ม.)
	1 เดือน	ไม่เกิน 1.5 มคก./ลบ.ม.
6. ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 100 ไมครอน	24 ชม.	ไม่เกิน 0.33 มก./ลบ.ม.
	1 ปี	ไม่เกิน 0.10 มก./ลบ.ม.
7. ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน	24 ชม.	ไม่เกิน 0.12 มก./ลบ.ม.
	1 ปี	ไม่เกิน 0.05 มก./ลบ.ม.
8. ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน	24 ชม.	ไม่เกิน 0.05 มก./ลบ.ม.
	1 ปี	ไม่เกิน 0.025 มก./ลบ.ม.

หมายเหตุ : 1. มาตรฐานค่าเฉลี่ยระยะสั้น (1, 8 และ 24 ชม.) กำหนดขึ้นเพื่อป้องกันผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยอย่างเฉียบพลัน (acute effect)

2. มาตรฐานค่าเฉลี่ยระยะยาว (1 เดือน และ 1 ปี) กำหนดขึ้นเพื่อป้องกันผลกระทบยาวหรือผลกระทบเรื้อรัง ที่อาจเกิดขึ้นต่อสุขภาพอนามัย (chronic effect)

2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ข้ามะเลียง เชาว์ธรรม (2552) ได้ทำการศึกษาผลของอุตุนิยมวิทยาที่มีต่อความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร ตามแนวระดับความสูง ใน 3 ระดับ โดยแบ่งพื้นที่ศึกษาออกเป็น 3 พื้นที่ศึกษา คือ อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา พื้นที่กรุงเทพมหานคร และ อ.เมือง จ.เชียงใหม่ ผลการศึกษาพบความเข้มข้นของ PM₁₀ พื้นที่อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา ชั้นบนมีค่าเฉลี่ยสูงสุด 46.6 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ชั้นกลางมีค่าต่ำสุดเฉลี่ย 41.3 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตรพื้นที่กรุงเทพมหานครพบว่าความเข้มข้น PM₁₀ ชั้นล่างมีค่าเฉลี่ยสูงสุด 118.7 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตรชั้นบนมีค่าต่ำสุดเฉลี่ย 112.3 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตรและพื้นที่ อ.เมือง จ.เชียงใหม่ พบความเข้มข้นของ PM₁₀ ชั้นกลางมีค่าสูงสุดเฉลี่ย 110.3 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตรชั้นบนมีค่าต่ำสุดเฉลี่ย 91.9 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

นิรันดร์ มีไชโย (2553) เพื่อศึกษาแคดเมียม ตะกั่วและแมงกานีส ในฝุ่น PM₁₀ ในย่านธุรกิจเขตเทศบาลนครพิษณุโลกเก็บตัวอย่างฝุ่น PM₁₀ จากพื้นที่ศึกษาสองแห่ง คือ ถนนบรมไตรโลกนารถและถนนเอกาทศรถ ตั้งแต่เดือนมกราคม 2552 ถึงเดือนธันวาคม 2552 โดยใช้เครื่องเก็บตัวอย่างฝุ่น PM₁₀ ชนิด High volume air sampler วิเคราะห์ฝุ่น PM₁₀ โดยวิธีการวิเมตริกและวิเคราะห์โลหะหนักโดยใช้เครื่อง Flame Atomic Absorption Spectroscopy (FAAS) จากการศึกษาพบว่า ความเข้มข้นฝุ่น PM₁₀ ในฤดูแล้งทั้งสองสถานีตรวจวัดมีค่าสูงกว่าในฤดูฝน โดยความเข้มข้นฝุ่น PM₁₀ ถนนบรมไตรโลกนารถ มีค่า 22.25 - 87.27 ไมโครเมตรต่อลูกบาศก์เมตร ความเข้มข้นฝุ่น PM₁₀ ถนนเอกาทศรถ มีค่า 25.98 - 90.80 ไมโครเมตรต่อลูกบาศก์เมตร ไม่เกินค่ามาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศโดยทั่วไปที่กำหนดไว้ไม่เกิน 120 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ผลการตรวจวัดความเข้มข้นตะกั่ว (Pb) ที่ถนนไตรโลกนารถและถนนเอกาทศรถมีค่าเฉลี่ย รายเดือนอยู่ในช่วง 0.0479 - 0.0685 ไมโครเมตรต่อลูกบาศก์เมตร และ 0.0482 - 0.0728 ไมโครเมตรต่อลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ ความเข้มข้นตะกั่วที่ตรวจวัดค่าไม่เกินมาตรฐานรายเดือนของกรมควบคุมมลพิษในบรรยากาศ 1.5 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ส่วนความเข้มข้นของแมงกานีส (Mn) และแคดเมียม (Cd) ในบรรยากาศพบปริมาณน้อย

พงศกร สง่าผล (2546) เพื่อศึกษาการเปรียบเทียบระหว่างสัดส่วนตะกั่วจากฝุ่นที่มีขนาดตั้งแต่ 100 ไมครอนลงมา กับสัดส่วนตะกั่วจากฝุ่นที่มีขนาดตั้งแต่ 10 ไมครอนลงมา โดยวิธีวิเคราะห์ทางสถิติด้วยการทดสอบค่าที (t-test) ได้ข้อสรุปว่า สัดส่วนของสารตะกั่วต่อปริมาณฝุ่นที่มีขนาดตั้งแต่ 100 ไมครอนลงมามีค่าต่ำกว่าสัดส่วนของตะกั่วต่อปริมาณฝุ่นที่มีขนาดตั้งแต่ 10 ไมครอนลงมาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 ไม่ว่าจะเป็นการทดลองในบริเวณพื้นที่เขตเมือง (urban area) ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้ ได้แก่ กรมส่งเสริมการเกษตร เขตจตุจักร กรุงเทพมหานคร หรือบริเวณพื้นที่เขตชนบท (rural area) ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้ได้แก่สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตสุพรรณบุรี อำเภอสามชูก จังหวัดสุพรรณบุรี การเปรียบเทียบสัดส่วนของสารตะกั่วต่อปริมาณฝุ่นระหว่างพื้นที่เขตเมืองกับบริเวณพื้นที่เขต

ชนบท โดยจากผลการวิเคราะห์ทางสถิติด้วยการทดสอบค่าที (t-test) ได้ข้อสรุปว่า ในบริเวณพื้นที่เขตเมืองจะมีสัดส่วนของสารตะกั่วต่อปริมาณฝุ่นสูงกว่าในบริเวณพื้นที่เขตชนบทอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ทั้งในกรณีสัดส่วนของสารตะกั่วต่อบริเวณฝุ่นที่มีขนาดตั้งแต่ 100 ไมครอนลงมาหรือสัดส่วนของสารตะกั่วต่อปริมาณฝุ่นที่มีขนาดตั้งแต่ 10 ไมครอนลงมา

วัชรเดช ไทยวัฒน์ ศึกษาและได้พยากรณ์ปริมาณฝุ่น PM_{10} ที่เกิดจากการก่อสร้างอาคารขนาดใหญ่ 2 โครงการ เพื่อนำปริมาณฝุ่น PM_{10} ที่เกิดจากกิจกรรมก่อสร้างไปรวมกับปริมาณฝุ่น PM_{10} ที่มีอยู่เดิมในบรรยากาศแล้วเปรียบเทียบผลรวมของฝุ่น PM_{10} ในบริเวณพื้นที่รับมลพิษที่ศึกษากับค่ามาตรฐานฝุ่น PM_{10} ในบรรยากาศ ผลการศึกษาพบว่าผลรวมของฝุ่น PM_{10} ในรูปค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมงในพื้นที่รับมลพิษทั้งหมดมีค่าเกินมาตรฐานและทำให้ค่าดัชนีคุณภาพอากาศของพื้นที่รับมลพิษรอบโครงการที่ 1 และที่ 2 มีค่าเฉลี่ย 123 และ 137 ตามลำดับซึ่งเป็นระดับที่มีผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยของประชาชนในลักษณะเฉียบพลัน ในขณะที่เดียวกันพื้นที่บางส่วนโดยรอบโครงการที่ 1 และที่ 2 ยังมีผลรวมของค่าเฉลี่ยฝุ่น PM_{10} รายปีเกินมาตรฐานโดยคิดเป็น 40 เปอร์เซ็นต์และ 20 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ทำให้ประชาชนที่อาศัยอยู่ในพื้นที่ดังกล่าวมีโอกาสรับผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยในลักษณะเรื้อรัง

กิตติชัย จำรูญ ศึกษาการแพร่กระจายของฝุ่นละอองรวมและฝุ่นละอองขนาดต่ำกว่า 10 ไมโครเมตร ในฤดูฝนพื้นที่ริมถนนมีค่าเฉลี่ยระหว่าง 140.6 ถึง 2,140 และ 95.2 ถึง 1,120 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ในฤดูแล้งพื้นที่ริมถนนมีค่าเฉลี่ยระหว่าง 72 ถึง 108.2 และ 45 ถึง 81.2 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตรตามลำดับ ในฤดูแล้งพื้นที่ริมถนนมีค่าเฉลี่ยระหว่าง 120 ถึง 380 และพื้นที่ทั่วไปมีค่าเฉลี่ยระหว่าง 102 ถึง 138 และ 68 ถึง 94 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ ผลการตรวจวัดฝุ่นละอองพบว่าพื้นที่ริมถนนมีความเข้มข้นของฝุ่นละอองมากกว่าพื้นที่ทั่วไป และฤดูฝนมีค่าน้อยกว่าฤดูแล้ง เมื่อพิจารณาปัจจัยที่มีผลต่อความเข้มข้นของฝุ่นละอองรวมและฝุ่นละอองขนาดต่ำกว่า 10 ไมโครเมตร คือพื้นที่ อุตุณิยมวิทยา การจราจร การเปรียบเทียบค่าประมวลผลด้วยแบบจำลอง CALINE4 กับการตรวจวัดจริง ด้วยวิธี Factor of two และวิธี Friation bias test ในช่วงฤดูฝนมีค่าระหว่าง 0.79 ถึง 1.24 และ -0.24 ถึง 0.21 ตามลำดับ ในฤดูและพบว่าระหว่าง 0.77 ถึง 1.08 และ -0.34 ถึง -0.08 ซึ่งวิธี Factor of two ซึ่งค่าระหว่าง 0.5 ถึง 2.0 และวิธี Friation bias test มีค่าเข้าใกล้ 0 แสดงว่าค่าจากแบบจำลองมีค่าใกล้เคียงกับการตรวจวัดจริงซึ่งการแพร่กระจายของ PM_{10} จะลดลงตามระยะทาง

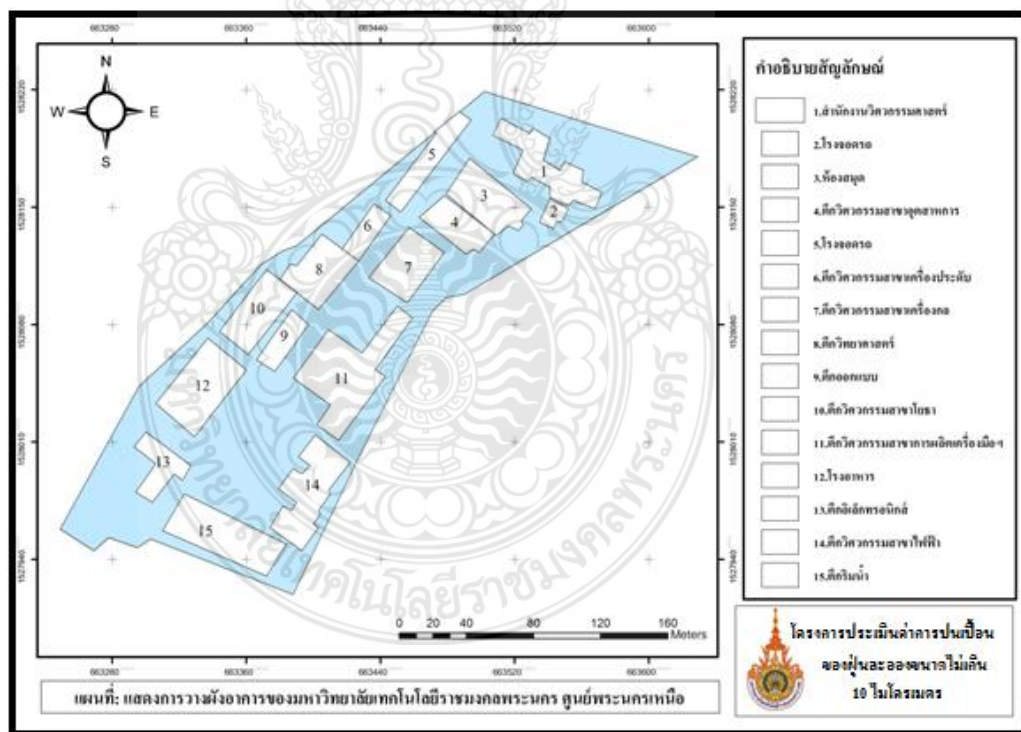
บทที่ 3

วิธีการดำเนินการ

การวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาเชิงทดลอง เพื่อตรวจวัดคุณภาพอากาศในด้านของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน ภายในพื้นที่มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ศูนย์พระนครเหนือ โดยทำการเก็บตัวอย่างอากาศโดยรอบตามสถานที่ที่กำหนด และนำตัวอย่างที่ได้มาทำการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ เพื่อประเมินปริมาณฝุ่นละอองในชั้นบรรยากาศต่อไป

3.1 พื้นที่เก็บตัวอย่าง

ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ได้ทำการเก็บพิกัดทางภูมิศาสตร์ตามระบบพิกัดกริดแบบยูทีเอ็ม (Universal Transverse Mercator - UTM) เป็นพิกัดภูมิศาสตร์ในลักษณะกริดระบุตำแหน่งของสิ่งบนผิวโลกในลักษณะระบบพิกัดคาร์ทีเซียน ภายในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ศูนย์พระนครเหนือ เพื่อใช้ในการจัดทำแผนที่แสดงที่ตั้งของมหาวิทยาลัย

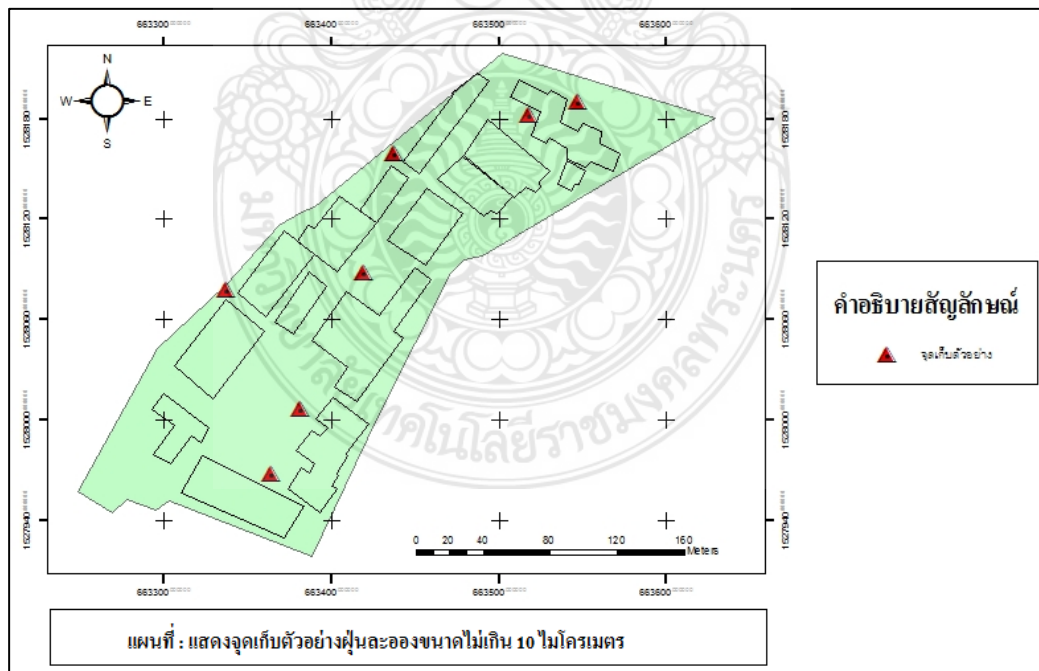


รูปที่ 3.1 แผนที่แสดงพื้นที่และผังอาคารในมหาวิทยาลัย

สถานีเก็บตัวอย่างอากาศเพื่อใช้ในการวิเคราะห์หาปริมาณค่าฝุ่นละออง กำหนดไว้ทั้งหมด 7 สถานี เพื่อให้ครอบคลุมพื้นที่ทั้งหมดภายในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ดังแสดงในตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 สถานีเก็บตัวอย่างอากาศภายในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ศูนย์พระนครเหนือ

ลำดับที่	พิกัดทางภูมิศาสตร์ (UTM)		บริเวณเก็บตัวอย่าง
	X	Y	
1	663547	1528190	บริเวณป้อมยามหน้ามหาลัย
2	663518	1528182	ลานน้ำพุคณะวิศวกรรมศาสตร์
3	663419	1528088	ลานจอดรถคณะวิทยาศาสตร์ฯ
4	663364	1527968	ตึกวิศวกรรมสาขาไฟฟ้า
5	663381	1528007	ลานจอดรถบริเวณหน้าโรงอาหาร
6	663337	1528078	หลังโรงอาหาร
7	663437	1528159	บริเวณตึกตึกเทคโนโลยีแม่พิมพ์ฯ



รูปที่ 3.2 แผนที่แสดงจุดเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร

3.2 เครื่องมือ อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย

3.2.1 เครื่องชั่ง (Balance)

3.2.2 ตู้ดูดความชื้น (Desicator)

3.2.3 คีมคีบปากแบน (Forcap)

3.2.4 ถุงมือไวนิล ไม่มีแป้ง (Vinyl non powdered gloves) สำหรับหยิบกระดาษกรอง

3.2.5 ถุงพลาสติกซิปล สำหรับบรรจุกระดาษกรอง

3.2.6 กระดาษกรองใยแก้ว (Quartz fiber filter) ขนาด8×10 นิ้ว

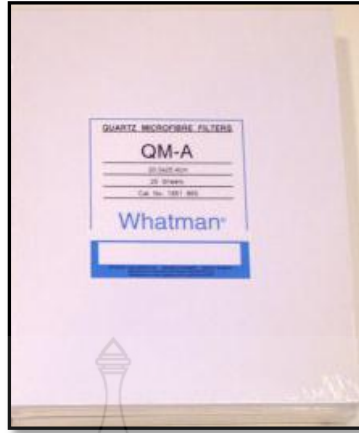
3.2.7 เครื่องเก็บตัวอย่าง PM₁₀ชนิดของไฮโวลูมเครื่องเก็บตัวอย่าง PM₁₀ ชนิดของไฮโวลูม

ประกอบด้วย

- 1) มอเตอร์สำหรับดูดอากาศให้ไหลผ่านกระดาษกรอง
- 2) เครื่องบันทึกอัตราการไหลของอากาศ (Recorder)
- 3) กระดาษกราฟวงกลมสำหรับบันทึกอัตราการไหลของอากาศ (Recorderchart)
- 4) อุปกรณ์ควบคุมอัตราการไหลของอากาศ (Control flow device)
- 5) อุปกรณ์ตั้งเวลาเปิด-ปิดเครื่องเก็บตัวอย่าง(Timer)



รูปที่ 3.3 เครื่องชั่ง (Balance) ที่มีความละเอียด 0.1 มิลลิกรัม



รูปที่ 3.4 กระดาษกรองใยแก้ว (Quartz fiber filter) ขนาด 8×10 นิ้ว



รูปที่ 3.5 เครื่องเก็บตัวอย่าง PM₁₀ ชนิดของไฮโวลูม

3.3 การเตรียมกระดาษกรอง

3.3.1 การตรวจสอบความสมบูรณ์ของกระดาษกรอง

3.3.1.1 ใช้กระดาษกรองใยแก้ว (Glassfiber filter) ขนาด 8×10 นิ้ว ในการเก็บตัวอย่าง PM₁₀

3.3.1.2 ตรวจสอบความไม่สมบูรณ์ของกระดาษกรอง เช่น รอยฉีกขาด รูพรุน สีของกระดาษกรองที่เปลี่ยนไป และกระดาษกรองไม่เรียบเสมอกัน เป็นต้น หากพบว่ากระดาษกรองมีความบกพร่องดังกล่าวจะไม่นำมาใช้เก็บตัวอย่าง

3.3.1.3 กำหนดรหัสหมายเลขกระดาษกรองโดยกำหนดเป็นตัวเลข เพื่อแสดงรายละเอียดของกระดาษกรอง เช่น ปีที่ใช้กระดาษกรอง ชนิดของกระดาษกรอง และเลขรหัสของกระดาษกรอง

3.3.2 การอบกระดาษกรองก่อนเก็บตัวอย่าง

3.3.2.1 สภาวะแวดล้อมสำหรับการอบกระดาษกรองก่อนเก็บตัวอย่าง

(ก) ความชื้นสัมพัทธ์น้อยกว่า 50 % โดยควบคุมไม่ให้เปลี่ยนแปลงเกิน $\pm 5\%$

(ข) อุณหภูมิห้องระหว่าง 15-30 องศาเซลเซียส โดยควบคุมไม่ให้เปลี่ยนแปลงเกิน ± 3 องศาเซลเซียส

3.3.2.2 ก่อนอบกระดาษกรอง ให้ทำความสะอาดตู้ดูดความชื้นทุกครั้ง

3.3.2.3 วางกระดาษกรองบนชั้นวางของตู้ดูดความชื้นโดยหงายด้านที่ใช้เก็บตัวอย่างขึ้น
อบกระดาษกรองอย่างน้อย 24 ชั่วโมง

3.3.2.4 เมื่อครบ 24 ชั่วโมง ใส่กระดาษกรองในถุงซิปล็อค และเก็บไว้ในตู้ดูดความชื้นอีก 2-3 ชั่วโมง เพื่อให้มีการดูดความชื้นในถุงซิปล็อคอีกที

3.3.3 การชั่งน้ำหนักกระดาษกรองก่อนเก็บตัวอย่าง

3.3.3.1 เปิดเครื่องชั่งทิ้งไว้อย่างน้อย 2 ชั่วโมงปรับเครื่องชั่งให้เป็น 0.0000 กรัม (เทคนิค 4 ตำแหน่ง)

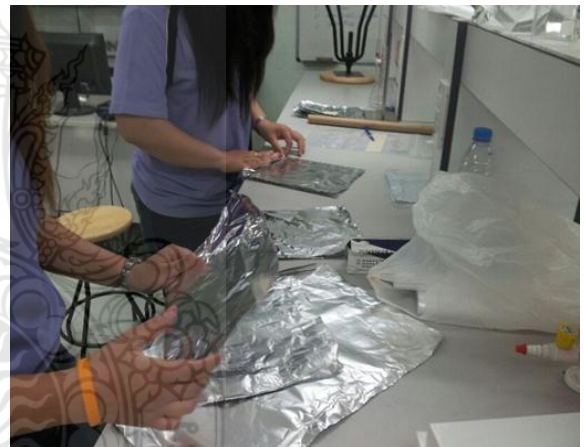
3.3.3.2 ปรับเทียบเครื่องชั่งด้วยตุ้มน้ำหนักมาตรฐานโดยน้ำหนักตุ้มน้ำหนักมาตรฐานจะต้องแตกต่างจากน้ำหนักเดิมไม่เกิน 0.5 มิลลิกรัม หากแตกต่างจากนี้ให้ยกเลิกการชั่งในวันนั้น

3.3.3.3 นำกระดาษกรองที่ผ่านการอบแล้วมาชั่งน้ำหนักบนที่ก้นน้ำหนักกระดาษกรองลงบนถุงซิปล็อค และชั่งกระดาษสีน้ำตาลด้วยปากกา

3.3.3.4 ใส่กระดาษกรองในถุงซิปล็อค และนำถุงซิปล็อควางพร้อมกับแนบกระดาษกราฟวงกลมสำหรับบันทึกอัตราการไหลของอากาศไว้ในกระดาษซองสีน้ำตาล เพื่อเตรียมการเก็บตัวอย่างในภาคสนามต่อไป



รูปที่ 3.6 การอบกระดาษกรองก่อนเก็บตัวอย่าง



รูปที่ 3.7 การซั่งกระดาษกรองก่อนเก็บตัวอย่างและเก็บกระดาษกรองไว้ในถุงซิปล

3.4 การเก็บตัวอย่าง

กำหนดจุดเก็บตัวอย่าง PM_{10} ในบรรยากาศโดยทั่วไปจะกำหนดให้ช่องทางเข้าอากาศของเครื่องเก็บตัวอย่างสูงจากพื้นดินอย่างน้อย 1.50 เมตรแต่ไม่เกิน 6 เมตร ซึ่งมากพอที่จะไม่ดูดเอาฝุ่นจากพื้นดินเข้าไปด้วย ทั้งนี้ต้องคำนึงถึงตำแหน่งที่คาดการณ์ว่าจะเกิดมลพิษสูงสุด ตำแหน่งของผู้ที่ได้รับผลกระทบ และตามความเป็นไปได้ในทางปฏิบัติ



รูปที่ 3.8 การเก็บตัวอย่าง PM₁₀

การตั้งเครื่อง PM₁₀ ในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ศูนย์พระนครเหนือ

3.4.1 กำหนดพื้นที่ที่ตั้งเครื่องวัดฝุ่น ใส่หวัคัดขนาดฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร

3.4.2 เช็ดฝุ่นภายในเครื่องเก็บตัวอย่างให้สะอาดทำการตั้งเครื่อง PM₁₀ให้อยู่แนวระนาบ และยึดขาตั้งเครื่องให้แน่น เพื่อป้องกันไม่ให้เครื่องล้ม ใส่กระดาษกรองใยหิน บนตะแกรงสำหรับกระดาษกรองให้หงายด้านที่ใช้เก็บตัวอย่างขึ้น จัดวางกระดาษกรองให้สมดุลกับตะแกรง และจับที่กระดาษกรอง

3.4.3 เปิดเครื่องเก็บตัวอย่างบันทึกเวลาเริ่ม ตั้ง 24 ชั่วโมงหลังจากครบกำหนดให้นำกระดาษกรองออกจากเครื่อง พับกระดาษกรองครึ่งหนึ่งตามแนวยาว ให้ด้านที่มีฝุ่นเข้าหากับใส่กระดาษกรองในถุงซิปล็อค เพื่อนำกลับไปวิเคราะห์ตัวอย่างที่ห้องปฏิบัติการต่อไป

3.4.4 นำตัวอย่างที่ได้ไปทดลองในห้องปฏิบัติการ



รูปที่ 3.9 ติดตั้งอุปกรณ์ และกระดาศกรองในการเก็บตัวอย่างฝุ่นละออง



รูปที่ 3.10 กระดาศกรองที่ทำการเก็บตัวอย่างครบ 24 ชั่วโมง

3.5 การคำนวณหาความเข้มข้นของฝุ่นละออง

เพื่อให้ทราบถึงค่าความเข้มข้นของฝุ่นละอองที่ได้ทำการวัดในพื้นที่มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ศูนย์พระนครเหนือ จะทราบค่าโดยการนำมาคำนวณ โดยสมการดังนี้

3.5.1 การคำนวณหาความเข้มข้นของ PM₁₀

$$\text{ความเข้มข้นของ PM}_{10} \text{ (มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)} = \frac{(W_f - W_i) * 10^3}{V_{std}}$$

เมื่อ

- W_f = นำกระดาษกรองหลังเก็บตัวอย่าง มีหน่วยเป็น กรัม
 W_i = นำกระดาษกรองก่อนเก็บตัวอย่าง มีหน่วยเป็น กรัม
 V_{std} = ปริมาณอากาศมาตรฐาน มีหน่วยเป็น ลูกบาศก์เมตร
 10^3 = การแปลงหน่วยจาก กรัม เป็น มิลลิกรัม

3.5.2 วิเคราะห์ผล

วิเคราะห์ปริมาณฝุ่นของแต่ละพื้นที่ที่ได้ทำการติดตั้งเครื่อง เพื่อศึกษาปริมาณของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร (PM₁₀) เปรียบเทียบกับค่ามาตรฐาน และแสดงการกระจายตัวของฝุ่นละอองด้วยโปรแกรม Arcview



บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลและอภิปรายผล

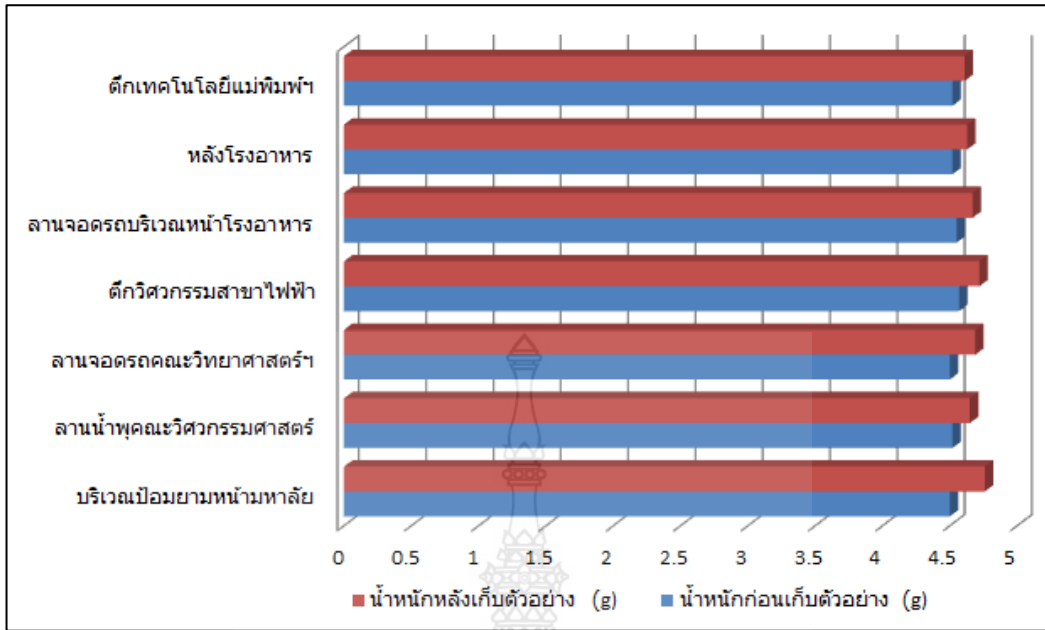
การทดลองมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร (PM_{10}) ในพื้นที่มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ศูนย์พระนครเหนือ และเพื่อเปรียบเทียบความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร (PM_{10}) ที่ตรวจวัดได้กับค่ามาตรฐานของ กรมควบคุมมลพิษ และความเสี่ยงที่จะก่อให้เกิดโรคที่เกิดจากการกระจายตัวของฝุ่นละอองที่มีความเข้มข้นสูงสามารถสรุปผลการวิจัยได้ดังนี้

4.1 ค่าความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร

ตารางที่ 4.1 แสดงความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร (PM_{10})

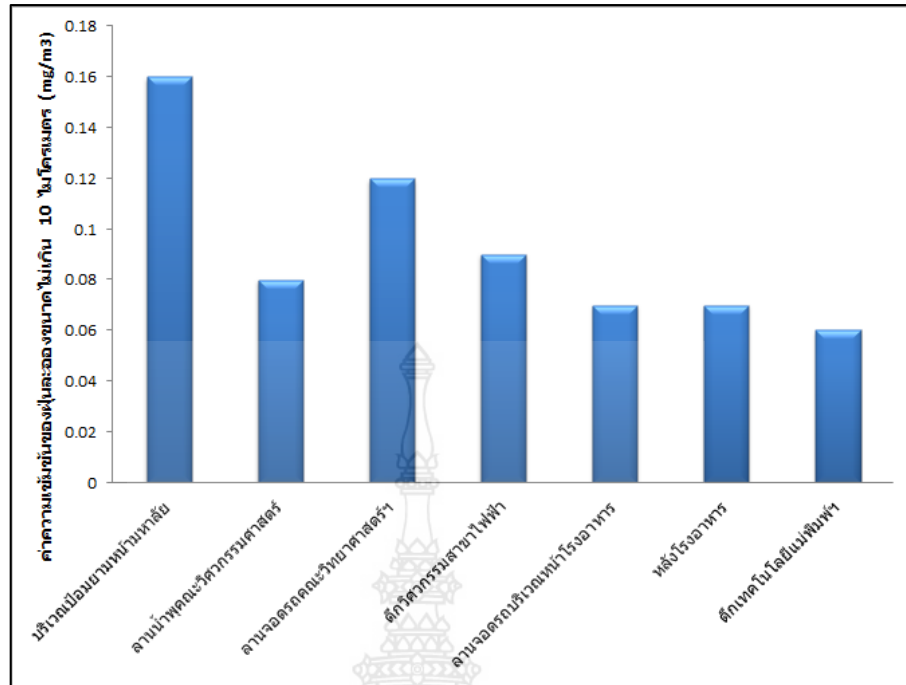
พื้นที่เก็บตัวอย่าง	น้ำหนักก่อนเก็บตัวอย่าง (g)	น้ำหนักหลังเก็บตัวอย่าง (g)	ค่าความต่างของกระดาษกรอง (g)	ค่าความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร (mg/m^3)
บริเวณป้อมยามหน้ามหาวิทยาลัย	4.5	4.76	0.26	0.16
ลานน้ำพุคณะวิศวกรรมศาสตร์	4.52	4.65	0.13	0.08
ลานจอดรถคณะวิทยาศาสตร์ฯ	4.5	4.69	0.19	0.12
ตึกวิศวกรรมสาขาไฟฟ้า	4.57	4.72	0.15	0.09
ลานจอดรถบริเวณหน้าโรงอาหาร	4.55	4.67	0.12	0.07
หลังโรงอาหาร	4.52	4.63	0.11	0.07
ตึกเทคโนโลยีแม่พิมพ์ฯ	4.52	4.61	0.09	0.06

จากการศึกษาพบว่าปริมาณของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตรในพื้นที่โดยรอบมหาวิทยาลัยมีผลต่างของปริมาณฝุ่นทุกสถานีการตรวจวัด โดยผลต่างที่ได้จากการเก็บตัวอย่างทั้ง 7 สถานี พบว่าปริมาณผลต่างที่พบค่ามากที่สุดอยู่ตรงสถานีเก็บตัวอย่างบริเวณป้อมยามหน้ามหาวิทยาลัย มีค่าความต่างของกระดาษกรองอยู่ที่ 0.26 กรัมรองลงมา คือ 0.19 กรัม และ 0.15 กรัม ซึ่งเป็นจุดเก็บตัวอย่างบริเวณลานจอดรถคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และ บริเวณตึกวิศวกรรมสาขาไฟฟ้า ดังแสดงในรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 ผลต่างของกระดาศกรองก่อนเก็บตัวอย่างและหลังเก็บตัวอย่าง

เมื่อนำผลต่างจากการเก็บตัวอย่างของน้ำนักกระดาศกรองมาทำการคำนวณ เพื่อหาค่าความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร พบว่าค่าความเข้มข้นของฝุ่นละอองภายในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ศูนย์พระนครเหนือ มีค่าอยู่ระหว่าง 0.06 – 0.16 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร โดยค่าสูงสุดเท่ากับ 0.16 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตรตรวจพบได้บริเวณป้อมยามหน้ามหาวิทยาลัย รองลงมาคือค่าความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร เท่ากับ 0.12 0.09 0.08 0.07 และ 0.06 ตามลำดับ โดยตรวจพบที่สถานีเก็บตัวอย่างบริเวณลานจอดรถคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ตึกวิศวกรรมสาขาไฟฟ้าลานน้ำพุคณะวิศวกรรมศาสตร์ลานจอดรถบริเวณหน้าโรงอาหารหลังโรงอาหารและ ตึกเทคโนโลยีแม่พิมพ์เครื่องประดับ ตามลำดับ ดังแสดงในรูปที่ 4.2



รูปที่ 4.2 ค่าความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร บริเวณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ศูนย์พระนครเหนือ

4.2 การเปรียบเทียบค่ามาตรฐานค่าเฉลี่ยของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร

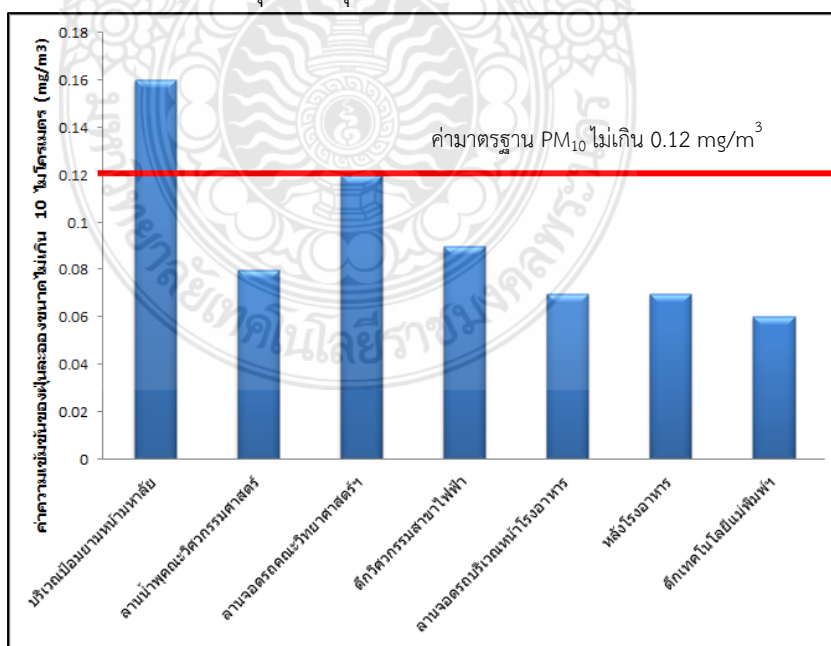
การเปรียบเทียบค่าปริมาณฝุ่นละอองเท่ากับค่ามาตรฐานใช้หลักเกณฑ์ของกรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม โดยกำหนดไว้ว่า ค่าเฉลี่ยของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร (PM₁₀) ในเวลา 24 ชั่วโมง จะต้องมามีค่าไม่เกิน 0.12 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

จากการเปรียบเทียบค่าฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร ภายในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ศูนย์พระนครเหนือ กับค่ามาตรฐานพบว่า ค่าฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร มีค่าสูงเกินกว่าที่ค่ามาตรฐานกำหนดไว้ 1 สถานี โดยสถานี่ดังกล่าวคือจุดเก็บตัวอย่างบริเวณป้อมยามหน้ามหาวิทยาลัย โดยค่าที่ได้มีค่าเท่ากับ 0.16 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร สำหรับบริเวณอื่นๆภายในมหาวิทยาลัยที่ทำการเก็บตัวอย่างและตรวจวัดพบว่ายังมีค่าของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตรอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดไว้ ดังแสดงในตารางที่

ตารางที่ 4.2 แสดงการเปรียบเทียบค่าความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมโครเมตร (PM₁₀)กับค่ามาตรฐาน

พื้นที่เก็บตัวอย่าง	ค่าความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมโครเมตร (mg/m ³)	ค่ามาตรฐาน PM ₁₀ (mg/m ³)
บริเวณป้อมยามหน้ามหาวิทยาลัย	0.16	0.12
ลานน้ำพุคณะวิศวกรรมศาสตร์	0.08	0.12
ลานจอดรถคณะวิทยาศาสตร์ฯ	0.12	0.12
ตึกวิศวกรรมสาขาไฟฟ้า	0.09	0.12
ลานจอดรถบริเวณหน้าโรงอาหาร	0.07	0.12
หลังโรงอาหาร	0.07	0.12
ตึกเทคโนโลยีแม่พิมพ์ฯ	0.06	0.12

ผลการศึกษาจุดเก็บตัวอย่างบริเวณป้อมยามหน้ามหาวิทยาลัย มีค่าความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมโครเมตรเกินมาตรฐานมาเล็กน้อยอาจเนื่องมาจากบริเวณดังกล่าวมีพื้นที่ติดกับถนนสายหลัก (ถนนพิบูลสงคราม) ซึ่งพบว่ามีจราจรที่แน่นหนาในบางช่วงเวลาทำให้ปริมาณฝุ่นละอองที่เกิดมาจากการคมนาคมมีโอกาสฟุ้งกระจายเข้ามาภายในบริเวณมหาวิทยาลัยได้ จึงเป็นผลให้ปริมาณค่าฝุ่นละอองบริเวณหน้าป้อมยามหน้ามหาวิทยาลัยมีปริมาณค่าฝุ่นละอองที่เกินค่ามาตรฐานมาเพียงเล็กน้อยเทียบกับบริเวณจุดอื่นๆในมหาวิทยาลัยซึ่งมีค่าไม่เกินมาตรฐานเนื่องมาจากกิจกรรมที่เกิดขึ้นภายในมหาวิทยาลัยยังเป็นกิจกรรมที่เป็นสาเหตุให้เกิดฝุ่นละอองไม่มากนักเอง



รูปที่ 4.3 ค่าความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมโครเมตร เทียบกับค่ามาตรฐาน

4.3 การกระจายของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร

ผลการศึกษาพบว่าลักษณะการกระจายตัวของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตรภายในพื้นที่มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ศูนย์พระนครเหนือ มีค่าการกระจายตัวค่อนข้างสูงอยู่บริเวณหน้ามหาวิทยาลัย และบริเวณลานจอดรถหน้าคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โดยบริเวณทั้งสองเป็นพื้นที่ซึ่งอยู่ใกล้กับพื้นที่ที่มีการสัญจร และมียานพาหนะวิ่งเข้าออกอยู่ตลอดเวลา จึงอาจเป็นปัจจัยที่ทำให้บริเวณดังกล่าวมีค่าความเข้มข้นของค่าฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร สูงกว่าบริเวณอื่นๆ ในส่วนของบริเวณอื่นโดยรอบพบว่าการกระจายตัวของฝุ่นละอองเล็กน้อย อย่างไรก็ตามค่าความเข้มข้นของฝุ่นที่กระจายตัวในมหาวิทยาลัยมีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน ไม่เป็นอันตรายต่อมนุษย์ ลักษณะการกระจายของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตรภายในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ศูนย์พระนครเหนือ



บทที่ 5

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

การประเมินค่าการปนเปื้อนของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร (PM_{10}) ในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ศูนย์พระนครเหนือ พบระดับค่าความเข้มข้นของฝุ่นละออง อยู่ในช่วง 0.06 – 0.16 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร โดยบริเวณหน้ามหาวิทยาลัยมีค่าการปนเปื้อนของฝุ่นละออง และการกระจายตัวสูงที่สุด รองลงมาคือบริเวณลานจอดรถหน้าคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี อย่างไรก็ตามเมื่อนำค่าการปนเปื้อนของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร เทียบกับค่ามาตรฐานของกรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ซึ่งกำหนดให้ค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมง ของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 100 ไมโครเมตร ต้องมีค่าไม่เกิน 0.12 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร จึงจะถือว่าบริเวณนั้นมีความปลอดภัยต่อการดำรงชีวิต ดังนั้นโดยภาพรวมค่าการปนเปื้อนฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร ที่ตรวจวัดได้ภายในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร จึงถือว่ามีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานและมีความปลอดภัยในการดำรงชีวิต โดยอาจต้องมีการหลีกเลี่ยงบริเวณที่มีค่าการปนเปื้อนของฝุ่นละอองสูง อย่าอาศัยอยู่บริเวณดังกล่าวติดต่อกันเป็นเวลานานๆ

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. ในการประเมินค่าการปนเปื้อนของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร (PM_{10}) ครั้งนี้เป็นการศึกษาระยะสั้นควรมีการศึกษาเพิ่มเติมในระยะเวลายาวเพื่อจะได้ข้อมูลที่ครอบคลุมและละเอียดมากขึ้น
2. ควรมีการศึกษาปัจจัยอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องเพิ่มเติม เช่น ฤดูกาล ทิศทางการพัดของลม ปริมาณน้ำฝน เป็นต้น
3. ควรมีการศึกษาถึงปริมาณสารพิษที่เป็นอันตรายต่อมนุษย์ซึ่งมีโอกาสเกาะติดมากับฝุ่นละอองเพื่อจะได้หาแนวทางในการป้องกัน
4. ในการศึกษาครั้งนี้ถึงแม้ว่าโดยภาพรวมระดับการปนเปื้อนของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตรจะมีค่าไม่เกินมาตรฐานที่กำหนดไว้ แต่เพื่อป้องกันปัญหาที่อาจเกิดขึ้นในอนาคตทางมหาวิทยาลัยอาจต้องมีแนวทางการป้องกันไว้ล่วงหน้า เช่น หากมีการก่อสร้างภายในมหาวิทยาลัย ต้องมีการควบคุมเรื่องของฝุ่นละอองที่จะเกิดขึ้นในขั้นตอนของการก่อสร้างเพื่อให้เกิดผลกระทบน้อยที่สุด

เอกสารอ้างอิง

- กิตติชัย จำรูญ.2548.การแพร่กระจายของฝุ่นละอองตามแนวเส้นทางโครงการขนส่งมวลชน กรุงเทพมหานคร.วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. วิทยานิพนธ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ขำมะเสียง เชาว์ธรรม. 2552.ผลของอุตุนิยมวิทยาที่มีต่อความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตรตามแนวระดับความสูงในเขตเมือง.วิทยานิพนธ์ปริญญาโท.บัณฑิตวิทยาลัย. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
- นภาพร พานิช และแสงสันต์ พานิช. 2554. แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ด้านคุณภาพอากาศ. สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.กรุงเทพมหานคร
- นรินทร์ มีไชโย .2553. การศึกษาแคตเมียม ตะกั่ว และแมงกานีสในฝุ่น PM₁₀ในย่านธุรกิจเขตเทศบาลนครพิบูลย์โลกสาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม ,ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต . มหาวิทยาลัยนเรศวร
- พงศกร ส่างผล .2545. การเปรียบเทียบระหว่างสัดส่วนตะกั่วจากฝุ่นที่มีขนาดตั้งแต่ 100 ไมครอนลงมา กับสัดส่วนตะกั่วจากฝุ่นที่มีขนาดตั้งแต่ 10 ไมครอนลงมาบริเวณพื้นที่เขตเมืองและเขตชนบท.วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิตมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
- วงพันธ์ และ คณะ. 2543. ลักษณะทางอุตุนิยมวิทยาที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตรตามแนวระดับความสูง.สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. กรุงเทพมหานคร
- วัชรเดช ไทยวัฒน์.2552. การทำนายการกระจายตัวของฝุ่นละอองจากโครงการก่อสร้างขนาดใหญ่ เพื่อการประเมินค่าดัชนีคุณภาพอากาศ.วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. สำนักจัดการคุณภาพอากาศและเสียง. 2554. รื้ออบทิศ มลพิษทางอากาศ บทเรียน แนวคิดและการจัดการ.พิมพ์ครั้งที่ 1.กรุงเทพฯ: สำนักจัดการคุณภาพอากาศและเสียง กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม
- Choularton, T. W., G. Fullerton and M. J. Gry. 1982. Some observations of the influence of meteorological variables of the size distribution of natural aerosol particles. Atmospheric Environment 16: 315 -323.
- Gielen, M.H., Van der Zee, S.C., Van Wijnen, J.H., van Steen, C.J., Brunekreef B. 1997. Acute effects of summer air pollution on respiratory health of asthmatic children. Am J Respir Crit Care Med; 155:2105 -2108.
- Schroeder, W. H. M. Dobson, D. M. Kame and N. D. Jonson. 1987. Toxic trace elements associated with airborne particulate matter. JAPCA 19: 1267-1285.

Ware, J.H., Ferris, B.G., Dockery, D.W., Spengler, J.D., Stram, D.O., Speizer, F.E. 1986.
Effects of ambient sulfur oxides and suspended particles on respiratory health of preadolescent children.Am Rev Respir Dis; 133:834 –842.



งานสัปดาห์วันวิทยาศาสตร์และสิ่งแวดล้อม
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ประจำปี 2558



