

ปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยาที่มีผลต่อความเข้มข้นของฝุ่นละออง  
ขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน ในพื้นที่ตำบลหน้าพระลาน  
อำเภอเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดสระบุรี

METEOROLOGICAL FACTORS AFFECTING CONCENTRATION OF PM<sub>10</sub> AT NA  
PHRA LAN SUB – DISTRICT, CHALOEM PHRA KIAT DISTRICT, SARABURI  
PROVINCE

ปัทสรา ขวัญมา\* สมนิมิตร พุกงาม และวันชัย อรุณประภารัตน์

Papatsara Kwanma\* Somnimirt Pukngam and Wanchai Arunprapararu

คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

\*corresponding author e-mail: k.spice73@gmail.com

(Received: 29 March 2019 ; Revised: 24 April 2019 ; Accepted: 18 June 2019)

**บทคัดย่อ**

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยากับความเข้มข้นของฝุ่นละอองที่มีขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน (PM ในพื้นที่ตำบลหน้าพระลาน อำเภอเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดสระบุรี) รวมทั้งสร้างแบบจำลองสำหรับพยากรณ์ความเข้มข้นของ PM<sub>10</sub> โดยนำข้อมูลปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยาและ PM ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2549 ถึง พ.ศ. 2558 มาวิเคราะห์ด้วยวิธีการทางสถิติ ผลการศึกษาพบว่า ความกดอากาศ ความชื้นสัมพัทธ์ ปริมาณน้ำฝน อุณหภูมิอากาศ และความเร็วลม มีความสัมพันธ์กับ PM อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ เท่ากับ 0.838 0.581 0.488 0.440 และ 0.402 ตามลำดับ จากการวิเคราะห์ด้วยวิธีถดถอยเชิงพหุคูณพบว่า ความกดอากาศ ความเร็วลม และปริมาณน้ำฝน สามารถอธิบายความผันแปรของ PM ได้ประมาณร้อยละ 74.90 ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 นอกจากนี้ ผลการศึกษาแยกตามช่วงฤดูกาลสรุปได้ว่า ความเข้มข้นของ PM เพิ่มขึ้นเมื่อความกดอากาศสูง ขณะที่ความเร็วลม อุณหภูมิอากาศ ความชื้นสัมพัทธ์ และปริมาณน้ำฝนต่ำ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วงฤดูแล้งที่มีสภาพอากาศเย็นและแห้ง มีผลให้ความเข้มข้นของ PM มีค่าสูงที่สุดเป็นประจำในทุกๆ ปี

**คำสำคัญ:** ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน ลักษณะทางอุตุนิยมวิทยา ตำบลหน้าพระลาน

**Abstract**

The research objectives were to study the relationship between meteorological factors and the concentration of PM and simulate the suitable model to predict the future average PM<sub>10</sub> concentration in Na Phra Lan, Saraburi. In this study, a 10 year period (2006 – 2015) in PM<sub>10</sub> data was analyzed by using statistical analysis. The results indicate that air pressure, relative humidity, rainfall, air temperature and wind speeds were significant relationship with concentration of PM<sub>10</sub>, with  $r = 0.838, 0.581, 0.488, 0.440$  and  $0.402$  respectively. Multiple regression analysis shows that air pressure, wind speeds and rainfall could explain variation in concentration of PM approximately 74.90 percent at the 0.05 level statistically significant. Moreover, it shows

that low wind speeds, low temperature, low humidity and low rainfall promote higher concentration of PM especially during the dry season. When the weather turns cold and humidity level drop, the concentration of  $PM_{10}$  has a maximum level regularly every year.

**Keywords:**  $PM_{10}$ , meteorological factors, Na Phra Lan Sub – district

## บทนำ

พื้นที่ตำบลหน้าพระลาน อำเภอเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดสระบุรี ถูกจัดเป็นเขตควบคุมมลพิษเพื่อการควบคุมระดับ หรือบรรเทาอันตรายและความเสียหายตามประกาศของคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ เมื่อวันที่ 19 เมษายน 2547 เนื่องจากเป็นพื้นที่วิกฤตที่ประสบปัญหาหมอกพิษทางอากาศ โดยเฉพาะอย่างยิ่งปัญหาฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน ( $PM_{10}$ ) เกินมาตรฐาน ที่ส่งผลกระทบต่อสุขภาพของประชาชนในพื้นที่อย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ เช่น อาการระคายเคือง ตาแดง และอาการไอ เจ็บคอจากการแพ้ฝุ่นละออง (กาญจนา และคณะ, 2559) ถึงแม้ว่ากรมควบคุมมลพิษมีการติดตามตรวจสอบการฟุ้งกระจายของฝุ่นละออง  $PM_{10}$  ด้วยเครื่องตรวจวัดอัตโนมัติทุก 1 ชั่วโมง และในพื้นที่มีการดำเนินการตามแผนปฏิบัติการต่างๆ เพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าวแล้ว แต่ก็ยังคงพบปัญหาค่าความเข้มข้นของ PM สูงเกินมาตรฐานอยู่ ทั้งนี้ สาเหตุหลักมาจากการที่พื้นที่ตำบลหน้าพระลาน เป็นแหล่งหินสำหรับอุตสาหกรรมปูนซีเมนต์และก่อสร้างที่ใหญ่ที่สุดแห่งหนึ่งของไทย มีการคาดการณ์แนวโน้มการผลิตและใช้หินในพื้นที่เพิ่มขึ้นไม่ต่ำกว่าร้อยละ 5 - 10 ของกำลังการผลิตในปัจจุบัน ประกอบกับปัจจัยต่างๆ ทางอุตุนิยมวิทยาได้ส่งผลต่อการกระจายตัวของ PM ทำให้ปัญหาดังกล่าวรุนแรงเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วงฤดูแล้งของทุกปี (ซึ่งมักจะเริ่มตั้งแต่เดือนตุลาคม-มีนาคมของปีถัดไป) (กรมควบคุมมลพิษ, 2561ก) จากการศึกษาที่ผ่านมา พบว่าความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยากับความเข้มข้นของ PM อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Cheng et al., 2006 ; Arayal et al., 2010 ; Zhao et al., 2014) นอกจากนี้ ยังพบว่าพื้นที่แตกต่างกันจากลักษณะภูมิประเทศ ทำให้ลักษณะทางอุตุนิยมวิทยาแตกต่างกันด้วย (Harrison et al., 2004) โดยพื้นที่ตำบลหน้าพระลานมีลักษณะภูมิประเทศเป็นภูเขาสูง ซึ่งเป็นพื้นที่ระเบิดหิน ส่วนพื้นที่ราบส่วนใหญ่ประกอบด้วยที่อยู่อาศัย และโรงงานอุตสาหกรรม จึงทำให้ลักษณะทางอุตุนิยมวิทยามีความแตกต่างจากพื้นที่อื่น งานวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยากับการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของ PM รวมถึงการสร้างแบบจำลองเพื่อในการพยากรณ์ความเข้มข้นของ PM ในพื้นที่ตำบลหน้าพระลาน ซึ่งผลการศึกษาจะเป็นเครื่องมือหนึ่งซึ่งช่วยในการบริหารจัดการและดำเนินนโยบายเพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าวให้เหมาะสมกับช่วงเวลาต่อไป

## วิธีดำเนินการวิจัย

### 1. การรวบรวมข้อมูล

รวบรวมข้อมูล  $PM_{10}$  และปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยา ได้แก่ ความกดอากาศ ความชื้นสัมพัทธ์ อุณหภูมิอากาศ ความเร็วลม และปริมาณน้ำฝน ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2549 - 2558 ซึ่งเป็นข้อมูลรายชั่วโมง จากสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศบริเวณสถานีตำรวจภูธรตำบลหน้าพระลาน ในความรับผิดชอบของกรมควบคุมมลพิษ โดยค่า  $PM_{10}$  และปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยาโดยเฉลี่ยในช่วงเวลาทำการศึกษามีลักษณะเปลี่ยนแปลงไปคล้ายคลึงกันตามช่วงฤดูกาล ดังตารางที่ 1

## 2. การวิเคราะห์ข้อมูล

2.1 นำข้อมูล  $PM_{10}$  และข้อมูลปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยา มาตรวจสอบความครบถ้วนสมบูรณ์และความถูกต้องของข้อมูล เพื่อเป็นข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ ซึ่งได้ข้อมูลทั้งหมด จำนวน 520,560 ข้อมูล จากนั้นนำมาหาค่าเฉลี่ยรายเดือน โดยได้ข้อมูลที่ใช้ศึกษาจำนวน 120 ข้อมูล

2.2 นำข้อมูลมาวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมทางสถิติ เพื่อวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่าง  $PM_{10}$  และปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยา โดยความสัมพันธ์แสดงในรูปฟังก์ชันได้ ดังสมการที่ 1

$$(1) \quad PM_{10} = f(P_a, R_a, RH, T_a, WS)$$

และสามารถแสดงรูปแบบสมการได้ดังสมการที่ 2

$$(2) \quad PM_{10} = a + b_1 P_a + b_2 R_a + b_3 RH + b_4 T_a + b_5 WS$$

โดย  $PM_{10}$  = ค่าความเข้มข้นของ  $PM_{10}$  หน่วย ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

$P_a$  = ความกดอากาศ (มิลลิเมตรปรอท)

$R_a$  = ปริมาณน้ำฝน (มิลลิเมตร)

$RH$  = ความชื้นสัมพัทธ์ (เปอร์เซ็นต์)

$T_a$  = อุณหภูมิอากาศ (องศาเซลเซียส)

$WS$  = ความเร็วลม (เมตรต่อวินาที)

$a$  = ค่าคงที่

$b_1$  ถึง  $b_5$  = ค่าสัมประสิทธิ์การถดถอย

วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่าง  $PM_{10}$  และปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยา ด้วยวิธีการทางสถิติ ดังนี้

1) วิธีวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สัน (Pearson Correlation Coefficient) เพื่อหาขนาดและทิศทางของความสัมพันธ์ระหว่าง  $PM_{10}$  กับปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยาแต่ละปัจจัย โดยสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation Coefficient) นิยมเขียนแทนด้วย  $r$  โดยวัดออกมาเป็นตัวเลขที่มีค่าอยู่ระหว่าง  $-1$  กับ  $1$

2) วิธีวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้น (Linear Regression Analysis)

เพื่อหาอิทธิพลของแต่ละปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยาที่มีต่อ  $PM_{10}$  และสมการที่ใช้ในการพยากรณ์ความเข้มข้นของ  $PM_{10}$  จากปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยาแต่ละปัจจัย โดยการวิเคราะห์ของโปรแกรมทางสถิติ และจากการเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ ที่เรียกว่า แผนภาพการกระจาย (Scatter Diagram)

3) การวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นพหุคูณ (Multiple Regression Analysis)

เป็นการศึกษาลำดับกับสมการถดถอยเชิงเส้น เพียงแต่การศึกษาด้วยวิธีการนี้เป็นการศึกษาความสัมพันธ์ของ  $PM_{10}$  กับปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยา ตั้งแต่ 2 ปัจจัยขึ้นไป ที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลง  $PM_{10}$  เนื่องจากการเปลี่ยนแปลง  $PM_{10}$  ไม่ได้เกิดขึ้นแค่ปัจจัยใดปัจจัยหนึ่งเพียงปัจจัยเดียว ดังนั้น จึงจำเป็นต้องมีการศึกษาด้วยวิธีการสมการถดถอยพหุคูณเพื่อพิจารณาความสัมพันธ์ของปัจจัยทุกตัวแปรที่มีต่อ  $PM_{10}$  โดยการศึกษาครั้งนี้ใช้เทคนิค Stepwise ในการคัดเลือกตัวแปรปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยาที่มีอิทธิพลสูงสุดต่อการเปลี่ยนแปลง  $PM_{10}$  ให้อยู่ในสมการพหุคูณก่อน จากนั้นจึงพิจารณาตัวแปรปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยาอื่นตามลำดับ และนำตัวแปรปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยาออกหากพบว่า มีอิทธิพลน้อยที่สุดหรือไม่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่า  $R^2$  อย่างมีนัยสำคัญ

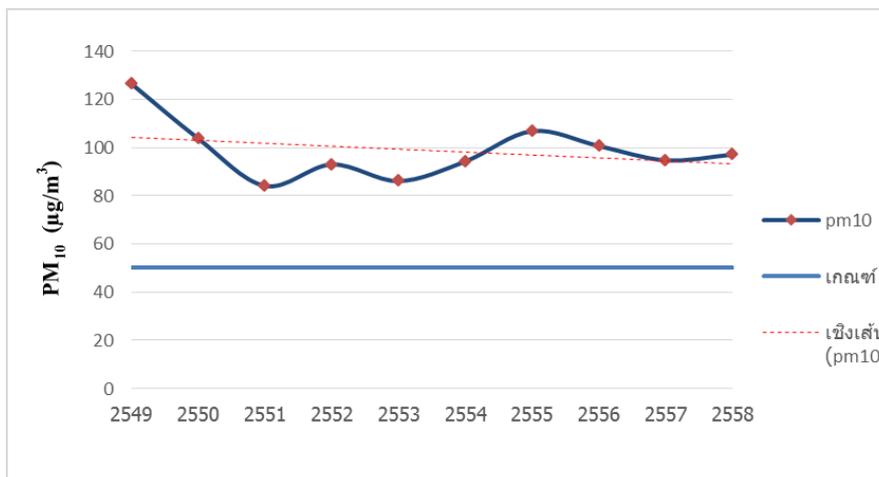
ผลการวิจัย

1. ความเข้มข้นของ PM<sub>10</sub> และแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของ PM<sub>10</sub>

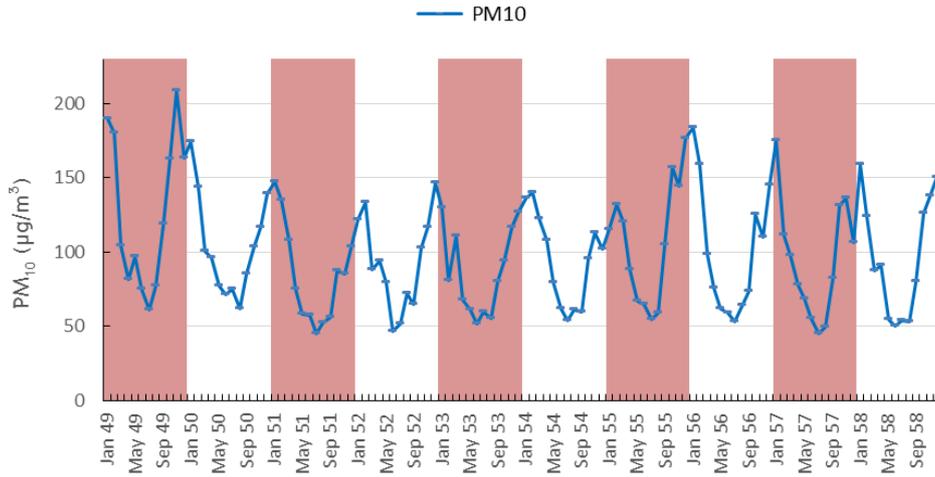
จากการวิเคราะห์ข้อมูล PM<sub>10</sub> ในพื้นที่ตำบลหน้าพระลาน พบว่า ปี พ.ศ. 2549 มีค่าความเข้มข้นของ PM<sub>10</sub> สูงสุดเท่ากับ 126.46 ไมโครกรัม/ลูกบาศก์เมตร และมีแนวโน้มลดลงอย่างต่อเนื่อง ทั้งนี้ เนื่องจากพื้นที่ตำบลหน้าพระลาน ถูกกำหนดเป็นเขตควบคุมมลพิษ มีการดำเนินมาตรการต่างๆ ตามแผนปฏิบัติการเพื่อลดและขจัดมลพิษอย่างต่อเนื่องตั้งแต่ปี พ.ศ. 2548 (กรมควบคุมมลพิษ, 2561) เป็นต้นมา จนมี PM<sub>10</sub> เฉลี่ยต่ำสุดอยู่ที่ 84.11 ไมโครกรัม/ลูกบาศก์เมตร ในปี พ.ศ. 2551 อย่างไรก็ตามถึงแม้ว่าในภาพรวมการเปลี่ยนแปลง PM<sub>10</sub> มีแนวโน้มลดลงเมื่อเทียบกับปี พ.ศ.2549 แต่ยังคงพบว่าสูงเกินกว่าค่ามาตรฐานที่กำหนดไว้ไม่เกิน 50 ไมโครกรัม/ลูกบาศก์เมตรทุกปี ดังภาพที่ 1 ทั้งนี้อาจเป็นผลมาจากการประกอบกิจกรรมในทุกๆ วันของอุตสาหกรรมในพื้นที่ที่มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น (กรมควบคุมมลพิษ, 2561ก; กรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่, 2561) เมื่อทำการศึกษาแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของความเข้มข้นของ PM<sub>10</sub> ในแต่ละเดือนพบว่า มีลักษณะคล้ายคลึงตามฤดูกาล ดังภาพที่ 2 แสดงให้เห็นว่า ปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยาบางปัจจัย ได้แก่ ความกดอากาศ ปริมาณน้ำฝน ความชื้นสัมพัทธ์ ความเร็วลม และอุณหภูมิอากาศ ซึ่งมีค่าเปลี่ยนแปลงไปตามฤดูกาล ดัง ตาราง 1 ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลง PM<sub>10</sub> โดยพบว่า PM<sub>10</sub> เพิ่มสูงขึ้นและสูงสุดในช่วงเดือนพฤศจิกายนถึงกุมภาพันธ์ของปีถัดไปซึ่งอยู่ในช่วงฤดูหนาว และเริ่มลดลงในเดือนมีนาคมถึงพฤษภาคม ซึ่งตรงกับช่วงฤดูร้อน และความเข้มข้นจะลดลงต่ำสุดในช่วงเดือนมิถุนายนถึงตุลาคมหรือฤดูฝน แล้วจึงเพิ่มสูงขึ้นในเดือนถัดไป เป็นวัฏจักรที่คล้ายคลึงกันในทุกๆ ปี สอดคล้องกับการศึกษาของ Cheng et al. (2006) ที่พบว่าค่า PM<sub>10</sub> เพิ่มสูงขึ้นในช่วงฤดูหนาวและลดลงในช่วงฤดูร้อนและฤดูฝน

ตารางที่ 1 Meteorological factors that change with the seasons during 2006–2015 at Na Phra Lan, Saraburi province

Month	P <sub>a</sub> (mmHg)	R <sub>a</sub> (mm)	RH (%)	T <sub>a</sub> (°C)	WS (m/s)
Summer	1,008.05	91.18	65.93	30.11	1.05
Winter	1,011.45	14.97	60.50	27.34	1.90
Rainy	1,007.05	180.74	76.13	28.41	0.82

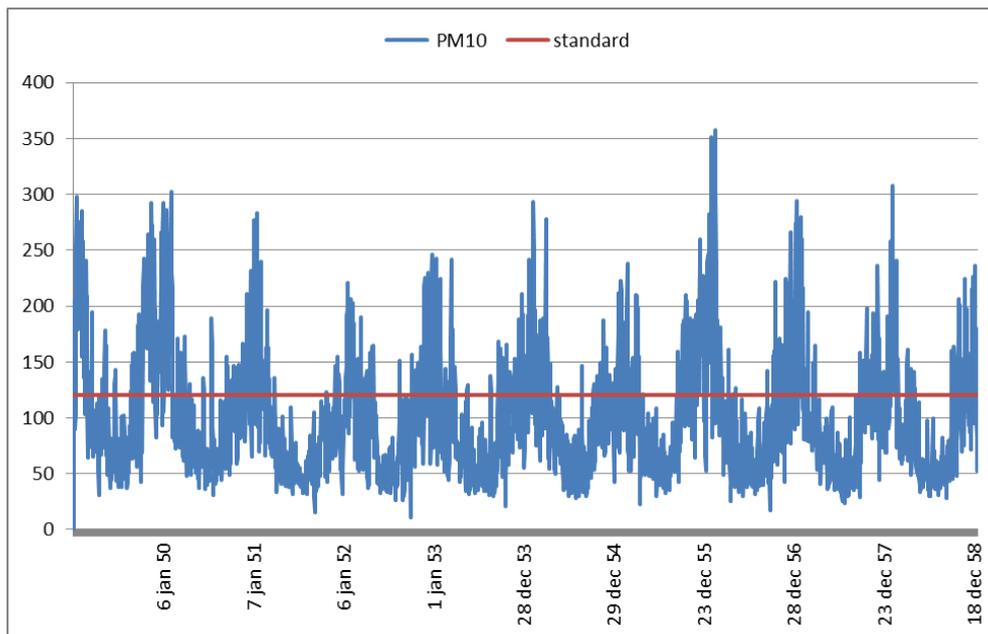


ภาพที่ 1 Annual concentration of PM10 during 2006–2015 at Na Phra Lan, Saraburi province



ภาพที่ 2 Monthly concentration of PM<sub>10</sub> during 2006–2015 at Na Phra Lan, Saraburi province

นอกจากนี้ หากพิจารณาความเข้มข้นของ PM<sub>10</sub> รายวันในช่วงเวลาที่ทำการศึกษา 10 ปี พบว่ามีจำนวนวันที่เกินกว่าค่ามาตรฐาน PM<sub>10</sub> รายวัน ซึ่งกำหนดไว้ไม่เกิน 120 ไมโครกรัม/ลูกบาศก์เมตร มากถึง 1,020 วัน หรือคิดเป็นร้อยละ 28.22 ดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 Daily concentration of PM<sub>10</sub> during 2006–2015 at Na Phra Lan, Saraburi province

## 2. ความสัมพันธ์ระหว่าง PM<sub>10</sub> กับปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยา

### 2.1 ความสัมพันธ์ระหว่าง PM<sub>10</sub> กับปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยา ด้วยวิธีสัมประสิทธิ์เพียร์สัน

จากผลการศึกษาพบว่า ความกดอากาศมีความสัมพันธ์กับ PM<sub>10</sub> มากที่สุด โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ( $r$ ) ถึง 0.838 โดยมีความสัมพันธ์แบบแปรผันตาม กล่าวคือ ถ้าความกดอากาศสูงขึ้น ความเข้มข้นของ PM<sub>10</sub> จะมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้น รองลงมา ได้แก่ ความชื้นสัมพัทธ์ ( $r = -0.581$ ) ปริมาณน้ำฝน ( $r = -0.488$ ) อุณหภูมิอากาศ ( $r = -0.440$ ) และความเร็วลม ( $r = -0.402$ ) โดยทั้งหมดมีความสัมพันธ์แบบแปรผกผัน ดังตารางที่ 2 สอดคล้องกับผลการศึกษาของ Galindo et al. (2010) ซึ่งพบว่า อุณหภูมิและปริมาณน้ำฝนมีความสัมพันธ์กับ

การเปลี่ยนแปลง  $PM_{10}$  โดยอุณหภูมิจึงมีความสัมพันธ์ต่อ  $PM_{10}$  มากที่สุด ( $r = -0.60$ ) และสอดคล้องกับ Arayal et al. (2010) ที่ได้ศึกษาผลของการเปลี่ยนแปลงของ  $PM_{10}$  ตามช่วงฤดูกาลในหุบเขากาฐมาณฑุ ประเทศเนปาล พบว่า อุณหภูมิ ปริมาณน้ำฝน และความชื้นสัมพัทธ์มีความสัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของ  $PM_{10}$  โดยหาก อุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้น ความเข้มข้นของ  $PM_{10}$  จะมีแนวโน้มลดลง เนื่องจากอุณหภูมิสูงจะทำให้เกิดการยกตัวของอากาศ ทำให้อากาศลอยตัวสูงขึ้น อากาศในบริเวณที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าจะไหลเข้ามาแทนที่ส่งผลให้เกิดลมและทำให้  $PM_{10}$  เปลี่ยนแปลงลดลง สำหรับความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของ  $PM_{10}$  กับความชื้นสัมพัทธ์ และปริมาณน้ำฝน พบว่า ถ้าความชื้นสัมพัทธ์สูงปริมาณฝุ่นละอองจะลดลง เนื่องจากไอน้ำในบรรยากาศสูงทำให้ฝุ่นละอองดูดซับไอน้ำจนอิ่มตัว แล้วเกิดการตกกลับของฝุ่นละอองลงสู่พื้นดิน คล้ายกับปริมาณน้ำฝน หากบริเวณใดมีปริมาณน้ำฝนสูงจะส่งผลให้ฝน นั้นชะล้างเอาฝุ่นละอองในบรรยากาศตกลงพื้น ส่งผลให้ค่า  $PM_{10}$  เปลี่ยนแปลงลดลงเช่นเดียวกัน

ตารางที่ 2 Pearson correlation of climatic factor at Na Phra Lan, Saraburi province

Meteorological Factors	$PM_{10}$	$P_a$	$R_a$	RH	$T_a$	WS
$PM_{10}$	1					
$P_a$	0.838**	1				
$R_a$	-0.488**	-0.552**	1			
RH	-0.581**	-0.693**	0.748**	1		
$T_a$	-0.440**	-0.494**	-0.013	0.101	1	
WS	-0.402**	0.656**	-0.626**	-0.710**	-0.275**	1

2.2 ความสัมพันธ์ระหว่าง  $PM_{10}$  กับปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยา ด้วยวิธีสมการถดถอยเชิงเส้น

จากผลการศึกษาด้วยวิธีสมการถดถอยเชิงเส้น ได้สมการที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของ  $PM_{10}$  กับปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยาแต่ละปัจจัย โดยเมื่อพิจารณาความสัมพันธ์การตัดสินใจ ( $R^2$ ) พบว่า  $R^2$  ของความ กตอากาศ มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของ  $PM_{10}$  สูงที่สุดเท่ากับร้อยละ 69.90 รองลงมาได้แก่ ความชื้นสัมพัทธ์ ปริมาณ น้ำฝน อุณหภูมิอากาศ และความเร็วลม คิดเป็นร้อยละ 33.20, 23.20, 18.70 และ 15.40 ตามลำดับ ดังแสดงใน ตารางที่ 3

ตารางที่ 3 Simple linear regression model for predicting  $PM_{10}$  at Na Phra Lan, Saraburi province

Parameter	Simple linear regression	r	$R^2$	p-Value	n
Air Pressure	$PM_{10} = -11,422.36 + 11.42P_a$	0.838	0.699	0.000	120
Rainfall	$PM_{10} = 110.29 - 0.14R_a$	0.488	0.232	0.000	120
Relative Humidity	$PM_{10} = 245.25 - 2.19RH$	0.581	0.332	0.000	120
Air Temperature	$PM_{10} = 372.47 - 9.72T_a$	0.440	0.187	0.000	120
Wind speed	$PM_{10} = 68.47 - 22.06W_s$	0.402	0.154	0.000	120

2.3 ความสัมพันธ์ระหว่าง  $PM_{10}$  กับปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยา ด้วยวิธีสมการถดถอยเชิงเส้นพหุคูณ

จากผลการศึกษาด้วยวิธีสมการถดถอยพหุคูณ โดยใช้เทคนิค Stepwise พบว่า ความกตอากาศ ความเร็วลม และปริมาณน้ำฝน มีอิทธิพลต่อค่าความเข้มข้นของ  $PM_{10}$  อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ 0.05 โดยเมื่อ พิจารณาจากค่า  $R^2$  ปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยาดังกล่าวสามารถอธิบายความผันแปรของค่า  $PM_{10}$  ได้ร้อยละ 74.90 และ เมื่อพิจารณาทิศทางความสัมพันธ์ระหว่าง  $PM_{10}$  กับปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยา พบว่า ความกตอากาศ มีความสัมพันธ์ แบบแปรผันตาม โดยมีขนาดการเปลี่ยนแปลงของ  $PM_{10}$  เพิ่มขึ้น เมื่อความกตอากาศเปลี่ยนแปลงไป 1 มิลลิเมตร

ปรอท เท่ากับ 13.181 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร เมื่อกำหนดให้ปัจจัยอื่นคงที่ ขณะที่ความเร็วลมและปริมาณน้ำฝน มีความสัมพันธ์แบบแปรผกผัน โดยขนาดการเปลี่ยนแปลงของ  $PM_{10}$  ลดลง เมื่อความเร็วลมเปลี่ยนไป 1 เมตรต่อวินาที เท่ากับ 18.437 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และเท่ากับ 0.048 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร เมื่อปริมาณน้ำฝนเปลี่ยนแปลงไป 1 มิลลิเมตร โดยกำหนดให้ค่าตัวแปรปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยาอื่นคงที่ ดังสมการที่ 3

$$(3) \quad PM_{10} = - 13,173.212 + 13.181P_0 - 18.437WS - 0.048R_0$$

$$(R^2 = 0.749)$$

2.4 ความสัมพันธ์ระหว่าง  $PM_{10}$  กับปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยา ตามช่วงฤดูกาล ด้วยวิธีสมการถดถอยเชิงเส้นพหุคูณ

เนื่องจากข้อมูลปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยามีการเปลี่ยนแปลงไปตามช่วงฤดูกาล ส่งผลให้การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของ  $PM_{10}$  แตกต่างกันด้วย ดังนั้น จึงศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยาและความเข้มข้นของ  $PM_{10}$  รวมทั้งสร้างสมการพยากรณ์ความเข้มข้นของ  $PM_{10}$  ในแต่ละช่วงฤดูกาล โดยการศึกษาได้นำข้อมูลมาแบ่งตามช่วงฤดูกาลตามที่กรมอุตุนิยมวิทยาได้กำหนดไว้ คือ ฤดูร้อน ตั้งแต่เดือนมีนาคมถึงเดือนพฤษภาคม ฤดูฝน ตั้งแต่เดือนมิถุนายนถึงเดือนตุลาคม และฤดูหนาว ตั้งแต่เดือนพฤศจิกายนถึงเดือนกุมภาพันธ์

จากผลการศึกษา พบว่า ในช่วงฤดูร้อนปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยา ได้แก่ ความเร็วลม ความกดอากาศ อุณหภูมิอากาศ และปริมาณน้ำฝน มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้น  $PM_{10}$  อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) โดยสามารถอธิบายความผันแปรของความเข้มข้น  $PM_{10}$  ได้ร้อยละ 70.7 ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 Multiple linear regression models for predicting seasonal  $PM_{10}$  at Na Phra Lan, Saraburi

Season	Multiple linear regression	$R^2$	p-Value	n
Summer	$PM_{10} = - 4,784.91 - 14.59WS + 5.15P_0 - 9.86T_0 - 0.13R_0$	0.707	0.020	30
Winter	$PM_{10} = 566.61 - 2.91RH - 64.37W_s - 5.11T_0$	0.759	0.000	40
Rainy	$PM_{10} = - 11,923.53 + 11.99P_0 - 0.06R_0 - 0.36RH - 0.40T$ $- 36.48WS$	0.803	0.000	50

ช่วงฤดูหนาว ปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยา ได้แก่ ความเร็วลม ความชื้นสัมพัทธ์ และอุณหภูมิอากาศ มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้น  $PM_{10}$  อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) โดยสามารถอธิบายความผันแปรของความเข้มข้น  $PM_{10}$  ได้ร้อยละ 75.90

ช่วงฤดูฝน ปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยา ได้แก่ ความกดอากาศ ปริมาณน้ำฝน ความชื้นสัมพัทธ์ อุณหภูมิอากาศ และความเร็วลม มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้น  $PM_{10}$  อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) โดยสามารถอธิบายความผันแปรของความเข้มข้น  $PM_{10}$  ได้ร้อยละ 80.3

#### อภิปรายผล

จากการศึกษาพบว่าปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยาที่ทำการศึกษาประกอบไปด้วย ความกดอากาศ ความชื้นสัมพัทธ์ ปริมาณน้ำฝน อุณหภูมิอากาศ และความเร็วลม มีความสัมพันธ์กับ PM อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยความกดอากาศมีความสัมพันธ์ต่อการเปลี่ยนแปลง PM มากที่สุด และจากการวิเคราะห์ด้วยวิธีถดถอยเชิงพหุคูณเพื่ออธิบายความผันแปรของ PM พบว่า ความกดอากาศ ความเร็วลม และปริมาณน้ำฝน สามารถอธิบายความผันแปรของ PM ได้ประมาณร้อยละ 74.90 ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05

นอกจากนี้การศึกษายังพบว่าฤดูกาลมีผลต่อค่าความเข้มข้นของ PM โดยตรงอีกด้วย โดยในช่วงฤดูร้อนมีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ ( $R^2$ ) เท่ากับ 70.7 เนื่องมาจากฤดูร้อนนั้นมีอุณหภูมิอากาศที่สูงจึงทำให้เกิดการยกตัวของอากาศ ทำให้อากาศลอยตัวสูงขึ้น อากาศในบริเวณที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าจะไหลเข้ามาแทนที่ส่งผลให้เกิดลมและความเร็วลมนี้เองที่เป็นปัจจัยที่มีความสำคัญในการกระจายตัวของ  $PM_{10}$  ในอากาศ เนื่องจาก  $PM_{10}$  มักถูกเจือจางโดยความเร็วลมที่พัดผ่าน ส่วนในช่วงฤดูหนาว มีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ ( $R^2$ ) เท่ากับ 75.90 เนื่องจากอุณหภูมิอากาศที่เย็นตัวลง ทำให้อากาศบริเวณนั้นค่อนข้างอยู่กับที่ หรือไม่มีการเคลื่อนไหว ประกอบกับความชื้นในอากาศมีน้อยจึงส่งผลให้  $PM_{10}$  นั้นกระจายตัวอยู่ในอากาศได้นาน และในช่วงฤดูฝน มีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ ( $R^2$ ) เท่ากับ 80.3 เนื่องจากไอน้ำในบรรยากาศสูงทำให้ฝุ่นละอองดูดซับไอน้ำจนอิ่มตัวแล้วเกิดการตกกลับของฝุ่นละอองลงสู่พื้นดินส่งผลให้เกิดการชะล้างเอาฝุ่นละอองในบรรยากาศตกลงพื้น จึงทำให้ค่า  $PM_{10}$  ในอากาศเปลี่ยนแปลง

ส่งผลให้ในแต่ละช่วงฤดูกาลสามารถอธิบายความผันแปรของ  $PM_{10}$  ได้แตกต่างกัน อาจเนื่องมาจากปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยาแต่ละประเภทมีขนาดความสัมพันธ์กับ  $PM_{10}$  ที่แตกต่างกัน ดังนั้น ในแต่ละช่วงฤดูกาลซึ่งมีค่าปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยาที่ต่างกัน จึงส่งผลให้ค่า  $R^2$  ของสมการพยากรณ์ในแต่ละช่วงฤดูกาลแตกต่างกันออกไปด้วย ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของ อรุบล (2541) ที่พบว่าระดับความเข้มข้นของฝุ่นละอองไม่เกิน 10 ไมโครเมตรในบรรยากาศสามารถผันแปรตามฤดูกาลต่างๆ ได้ อันเนื่องจากสภาพภูมิอากาศ ซึ่งได้แก่ ความชื้นสัมพัทธ์ ปริมาณน้ำฝน ทิศทางลม โดยพบว่าระดับความเข้มข้นเฉลี่ยในฤดูหนาวสูงกว่าฤดูฝน การศึกษาครั้งต่อไปควรติดตั้งจุดเก็บข้อมูล PM ที่มากกว่า 1 จุดขึ้นไป เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่าง PM และปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยาได้ดียิ่งขึ้น ทั้งนี้อาจศึกษาถึงความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยอื่นๆ ซึ่งส่งผลกระทบโดยตรงต่อการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของ PM ได้แก่ ค่าความทึบแสง ปริมาณการจราจรในพื้นที่ การฉีดพรมน้ำเพื่อลดปริมาณ PM และปริมาณฝุ่นละอองที่ถูกกำจัดทิ้งในทุกวัน โดยเทศบาลตำบลหน้าพระลาน เพื่อให้ทราบถึงผลกระทบของตัวแปรดังกล่าว และสามารถสร้างแบบจำลองเพื่อใช้ในการพยากรณ์ความเข้มข้นของ PM ได้แม่นยำยิ่งขึ้น

### สรุปผลการวิจัย

จากการวิเคราะห์ค่าความเข้มข้น  $PM_{10}$  พบว่า การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของ  $PM_{10}$  มีแนวโน้มลดลง ทั้งนี้อาจเป็นผลมาจากมาตรการเพื่อลดและจัดปัญหาฝุ่นละออง รวมถึงการพัฒนาเทคโนโลยีต่างๆ เพื่อลดการปล่อยมลพิษมีประสิทธิภาพสูงขึ้น อย่างไรก็ตามยังคงพบปัญหาความเข้มข้นของ  $PM_{10}$  สูงกว่าค่ามาตรฐาน เนื่องจากพื้นที่ตำบลหน้าพระลาน เป็นแหล่งผลิตหินปูน หินอุตสาหกรรมและหินก่อสร้าง รวมถึงแหล่งผลิตปูนซิเมนต์ขนาดใหญ่ที่สุดในประเทศไทย และมีแนวโน้มการเติบโตตามการลงทุนของภาครัฐอย่างต่อเนื่อง ก่อให้เกิดกิจกรรมต่างๆ ซึ่งส่งผลกระทบโดยตรงต่อค่าความเข้มข้นของ  $PM_{10}$

นอกจากนี้ ยังพบว่า แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของ  $PM_{10}$  มีการแปรผันกันตามฤดูกาลอย่างชัดเจน และมีแนวโน้มที่คล้ายคลึงกันในทุกปี กล่าวคือ ในช่วงเดือนมีนาคมถึงเดือนพฤษภาคม (ฤดูร้อน) และเดือนมิถุนายนถึงเดือนตุลาคม (ฤดูฝน) ความเข้มข้นของ  $PM_{10}$  มีค่าลดลง และเมื่อเข้าสู่เดือนพฤศจิกายนถึงเดือนกุมภาพันธ์ (ฤดูหนาว) ความเข้มข้นของ  $PM_{10}$  มีค่าเพิ่มสูงขึ้นอย่างชัดเจน ซึ่งการเปลี่ยนแปลงนี้เกิดจากปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยาที่เปลี่ยนแปลงไปในแต่ละช่วงฤดูกาล ได้ส่งผลต่อความเข้มข้นของ  $PM_{10}$

จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของ  $PM_{10}$  กับปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยาด้วยวิธีสัมประสิทธิ์เพียร์สัน พบว่า ปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยาที่มีความสัมพันธ์กับ  $PM_{10}$  โดยพิจารณาจากค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ได้แก่ ความกดอากาศ ( $r = 0.838$ ) โดยมีความสัมพันธ์สูงที่สุดและมีทิศทางแปรผันตามกัน รองลงมาได้แก่ ความชื้นสัมพัทธ์ ( $r = -0.581$ ) ปริมาณน้ำฝน ( $r = -0.488$ ) อุณหภูมิอากาศ ( $r = -0.440$ ) และความเร็วลม ( $r = -0.402$ )

โดยมีทิศทางความสัมพันธ์แปรผกผันกัน และเมื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ด้วยวิธีสมการถดถอยพหุคูณ โดยใช้เทคนิค Stepwise จะได้แบบจำลองสำหรับการพยากรณ์ค่าความเข้มข้นของ PM<sub>10</sub> ที่สามารถอธิบายการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของ PM<sub>10</sub> ได้ประมาณร้อยละ 74.90 ที่ระดับทางสถิติ ที่ 0.05 ดังสมการ

$$PM_{10} = - 13,173.212 + 13.181P_o - 18.437WS - 0.048R_o$$

สำหรับความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของ PM<sub>10</sub> กับปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยาในแต่ละช่วงฤดูกาล พบว่า ปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยาที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของ PM<sub>10</sub> ของแต่ละฤดูกาลแตกต่างกัน กล่าวคือ ความเข้มข้นของ PM<sub>10</sub> สูงขึ้นเมื่อมีลักษณะอุตุนิยมวิทยาในลักษณะ ความเร็วลม อุณหภูมิอากาศ ความชื้นสัมพัทธ์ และปริมาณน้ำฝนต่ำ ซึ่งลักษณะดังกล่าวมักพบในช่วงฤดูหนาว เป็นผลทำให้ความเข้มข้นของ PM<sub>10</sub> เพิ่มสูงขึ้นมากเมื่อเทียบกับฤดูร้อนหรือฤดูฝน และจากการสร้างสมการพยากรณ์ความเข้มข้นของ PM<sub>10</sub> ในแต่ละช่วงฤดูกาลด้วยวิธีถดถอยเชิงเส้นพหุคูณ พบว่า ในช่วงฤดูร้อน ปัจจัยอุตุนิยมวิทยา ได้แก่ ความเร็วลม อุณหภูมิอากาศ ความกดอากาศ และปริมาณน้ำฝน มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้น PM<sub>10</sub> อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) โดยสามารถอธิบายความผันแปรของความเข้มข้น PM<sub>10</sub> ได้ร้อยละ 70.70 ดังสมการ

$$PM_{10} = - 4,784.91 - 14.59WS + 5.15P_o - 9.86T_o - 0.13R_o$$

ช่วงฤดูหนาว ปัจจัยอุตุนิยมวิทยา ได้แก่ ความเร็วลม ความชื้นสัมพัทธ์ และอุณหภูมิอากาศ มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้น PM<sub>10</sub> อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) โดยสามารถอธิบายความผันแปรของความเข้มข้น PM<sub>10</sub> ได้ร้อยละ 75.90 ดังสมการ

$$PM_{10} = 566.61 - 2.91RH - 64.37WS - 5.11T_o$$

ช่วงฤดูฝน ปัจจัยอุตุนิยมวิทยา ได้แก่ ความกดอากาศ ปริมาณน้ำฝน ความชื้นสัมพัทธ์ อุณหภูมิอากาศ และความเร็วลม มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้น PM<sub>10</sub> อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) โดยสามารถอธิบายความผันแปรของความเข้มข้น PM<sub>10</sub> ได้ร้อยละ 80.30 ดังสมการ

$$PM_{10} = -11,923.53 + 11.99P_o - 0.06R_o - 0.36RH - 0.40T_o - 36.48WS$$

สรุปได้ว่าจากผลการศึกษาในครั้งนี้ทำให้ทราบถึงความสัมพันธ์ระหว่าง PM<sub>10</sub> กับปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยาในแง่ของขนาดและทิศทางของความสัมพันธ์ รวมทั้งได้แบบจำลองอย่างง่าย เพื่อใช้ในการพยากรณ์ความเข้มข้นของ PM<sub>10</sub> ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อการวางแผนการจัดการปัญหาค่าความเข้มข้น PM<sub>10</sub> สูงเกินค่ามาตรฐานร่วมกับมาตรการและนโยบายต่อไป

#### กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยครั้งนี้สำเร็จลุล่วงได้ ด้วยความอนุเคราะห์จากทุกฝ่ายที่เกี่ยวข้อง ผู้วิจัยขอขอบคุณกรมอุตุนิยมวิทยาที่ได้ให้การสนับสนุนข้อมูลประกอบการทำวิจัยในครั้งนี้ และคณาจารย์ในคณะวนศาสตร์ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษาและข้อเสนอแนะต่างๆ ที่เป็นประโยชน์อย่างยิ่งทำให้งานวิจัยนี้มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

ท้ายนี้ผู้วิจัยขอขอบคุณคณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่ให้โอกาสและสนับสนุนในการทำวิจัยครั้งนี้ รวมทั้งผู้มีส่วนเกี่ยวข้องในการทำวิจัยครั้งนี้ทุกท่านที่ได้กรุณาให้ความช่วยเหลือ สนับสนุน และให้กำลังใจ

มาโดยตลอด และขอขอบพระคุณเจ้าของเอกสารและงานวิจัยทุกท่าน ที่ผู้วิจัยได้นำมาอ้างอิงในการทำวิจัย จนกระทั่งงานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

### เอกสารอ้างอิง

- กาญจนา มะนาวหวาน, พาณิชนัย โพตะกาว, ประภษัญญ์ จันทรรักษ์ และธันวดี ศรีธาวรัตน์. (2559). โลหะหนักในฝุ่นละออง ( $PM_{10}$ ) บริเวณสถานีขนส่งผู้โดยสารจังหวัดพิษณุโลก. *PSRU Journal of Science and Technology*, 1(3), 1–9.
- กรมควบคุมมลพิษ. (2561ก). **สถานการณ์ฝุ่นละอองตำบลหน้าพระลาน ปี 2561 สูงขึ้น ปรับตัวและแนวทางป้องกันในปี 2562.** สืบค้นเมื่อวันที่ 6 กันยายน 2561, จาก <http://www.mnre.go.th/news/detail/23697>
- กรมควบคุมมลพิษ. (2561ข). **รายละเอียดเขตควบคุมมลพิษหน้าพระลาน.** สืบค้นเมื่อวันที่ 30 กันยายน 2561, จาก [http://www.pcd.go.th/info\\_serv/pczs/pczDetail.cfm?id=12](http://www.pcd.go.th/info_serv/pczs/pczDetail.cfm?id=12)
- กรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่. (2561). **ข้อมูลประทานบัตรเหมืองแร่.** สืบค้นเมื่อวันที่ 30 กันยายน 2561, จาก <http://www1.dpim.go.th/mne/mn.php>
- กรมอุตุนิยมวิทยา. (2554). **สถิติภูมิอากาศ พ.ศ. 2554–2555.** กระทรวงเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร, กรุงเทพฯ.
- เทศบาลตำบลหน้าพระลาน. (2559). **ข้อมูลตำบลหน้าพระลาน.** สืบค้นเมื่อวันที่ 13 กันยายน 2559, จาก <http://www.naphralan.go.th>
- อรุบล โชติพงศ์. (2541). **รายงานการวิจัย เรื่อง การศึกษาปริมาณฝุ่นละอองที่มีผลกระทบต่อระบบการหายใจ.** สถาบันวิจัยสภาวะแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.
- Aryal, R. K., B. K. Lee, R. Karki, A. Gurung, J. Kandasamy, B.K. Pathak, S. Sharma and N. Giri. (2010). Seasonal  $PM_{10}$  dynamics in Kathmandu valley. *Atmospheric Environment*, 42(37), 8623–8633.
- Cheng, Y., K. F. Ho, S. C. Lee and S. Law. (2006). Seasonal and diurnal variations of  $PM_{10}$ ,  $PM_{2.5}$  and  $PM_{10}$  in the roadside environment of Hong Kong. *China Particuology*, 4(6), 1672–2515.
- Galindo, N., M. Varea, J. Gil-Molto, E. Yubero and J. Nicolas. (2010). The influence of meteorology on particulate matter concentrations at an urban Mediterranean location. *Water Air & Pollution*, 215(1–4), 365–372.
- Harrison, R. M., A. M. Jones and R. Barrowcliffe. (2004). Field study of the influence of meteorological factors and traffic volumes upon suspended particle mass at urban roadside sites of differing geometries. *Atmospheric Environmental*, 38(37), 6361–6369.
- Zhao, C.X., Y. Q. Wang, Y. J. Wang, H. L. Zhang and B. Q. Zhao. (2014). Temporal and spatial distribution of  $PM_{2.5}$  and  $PM_{10}$  pollution status and the correlation of particulate matters and meteorological during winter and spring in Beijing. *Environmental Science*, 35, 418– 427.